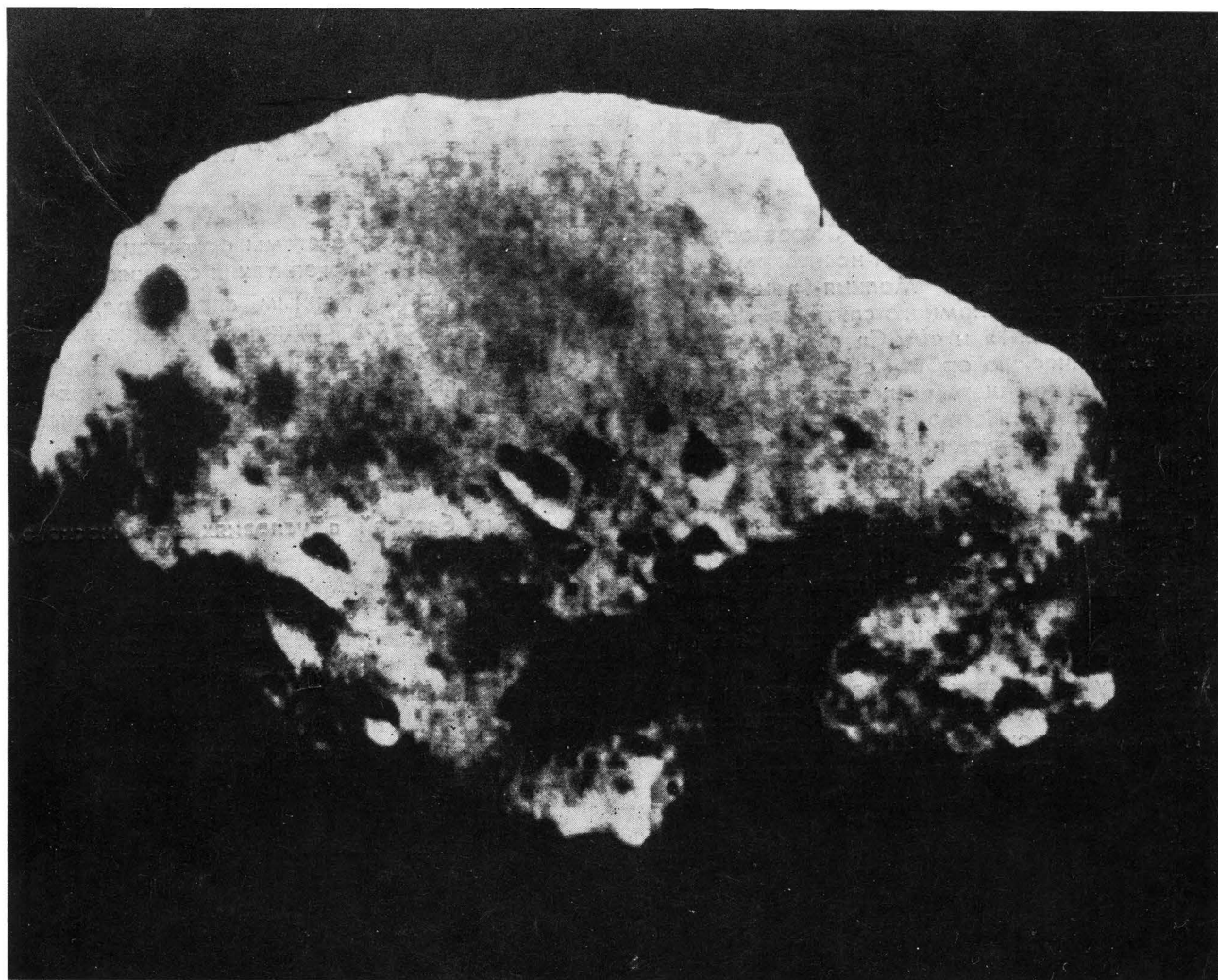




ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

З

1972

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

В полете «Молния-1» и «МАС»

4 апреля 1972 г. в Советском Союзе осуществлен запуск одной ракетой-носителем очередного спутника связи «Молния-1» и французского малого автономного спутника «МАС». Спутники «Молния-1» и «МАС» выведены на высокоэллиптическую орбиту с апогеем 39 260 км в северном полушарии и перигеем 480 км в южном полушарии. Период обращения спутников 11 часов 45 минут, наклонение орбиты — $65^{\circ},6$.

Спутник связи «Молния-1» предназначен для обеспечения эксплуатации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи, а также передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита», расположенные в районах Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока и Средней Азии.

На борту спутника, кроме аппаратуры для передачи программ телевидения и осуществления дальней многоканальной радиосвязи, установлена аппаратура командно-измерительного

комплекса, а также системы ориентации, коррекции орбиты и энергоснабжения спутника.

По полученным данным, аппаратура, установленная на борту спутника, функционирует нормально.

Сеансы связи через спутник «Молния-1» будут проводиться в соответствии с намеченной программой.

Французский спутник «МАС» предназначен для исследования характеристик различных солнечных батарей в условиях космического пространства.

Запуск спутника «МАС» осуществлен в соответствии с программой сотрудничества между СССР и Францией в области исследования и использования космического пространства в мирных целях.

Слежение за полетом спутника «МАС» и прием информации с него осуществляются наземными станциями Франции.

Полет «Интеркосмос-6»

В соответствии с программой сотрудничества социалистических стран в области исследования и использования космического пространства в мирных целях, 7 апреля 1972 г. в Советском Союзе произведен запуск искусственного спутника Земли «Интеркосмос-6».

Спутник выведен на орбиту с апогеем 256 км и перигеем 203 км. Начальный период обращения спутника 89 минут, наклонение орбиты $51^{\circ},8$.

Спутник «Интеркосмос-6» предназначен для изучения частиц первичного космического излучения с энергией 10^{12} — 10^{13} электрон-вольт, химического состава и энергетического спектра космических лучей в области высоких энергий, а также метеорных частиц в околоземном космическом пространстве.

Для проведения исследований первичного космического излучения на борту спутника установлены фотоэмulsionный блок и иони-

зационный калориметр общим весом 1070 кг, изготовленные в Советском Союзе по техническому заданию, разработанному специалистами Венгерской Народной Республики, Монгольской Народной Республики, Польской Народной Республики, Социалистической Республики Румынии, Советского Союза и Чехословацкой Социалистической Республики.

Кроме того, на спутнике установлен комплекс аппаратуры для исследования метеорного вещества, разработанный и изготовленный совместно Венгерской Народной Республикой, Советским Союзом и Чехословацкой Социалистической Республикой.

«Интеркосмос-6» находился в полете четверо суток. После успешного завершения нового космического эксперимента спутник был возвращен на Землю, а контейнер с полученными материалами передан в научно-исследовательские институты для анализа и обработки.

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



МАЙ — ИЮНЬ

3 1972

Издательство «Наука»
Москва

В номере

В. И. Мороз, Л. В. Ксанфомалити — Новые вести с Марса	3
В. В. Шевченко — Небо Марса	10
А. Д. Марленский — Марсианская звездная карта	12
В. Б. Соколов — Встреча в космосе	14
А. Г. Дорошкевич, И. Д. Новиков, Р. А. Сюняев — Прошлое Вселенной и гелий	21
Ю. Н. Ефремов — Неправильная галактика Местной системы	26
Ю. М. Шейнманн — Калий и развитие земной коры	29
В. И. Левантовский — Стационарные спутники	34
Е. М. Зингер — Почему ледники пульсируют!	41
ЛЮДИ НАУКИ	
Василий Григорьевич Фесенков	46

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Л. М. Гиндилис — СЕТИ-71	48
Ю. С. Воронков — Авиация и космонавтика — прошлое и настоящее	55

ДИСКУССИИ, ГИПОТЕЗЫ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В. Д. Давыдов — «Огни» на Марсе	58
---------------------------------	----

СТИХИ О ВСЕЛЕННОЙ

А. А. Фет	64
-----------	----

ЭКСПЕДИЦИИ

В. А. Юревич — Зимовка на Кергелене	66
Э. Н. Эрлих — На острове Медном	69

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

С. Б. Новиков — Любителям астрономии — об исследовании астроклимата	73
--	----

НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ

И. М. Безчастнов — Сельская народная обсерватория	76
---	----

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ	79
-----------------------------	----

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ	80
-------------------	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Шаровое скопление или ближайшая к нам галактика! [20]; Сколько Новых звезд вспыхивает в туманности Андромеды и Галактике! [28]; Радиоядра галактик [28]; В чем причина скачкообразного изменения периода у пульсаров! [28]; Новое о солнечных вспышках [40]; Школа астрофизиков [78]; Программа «Eole» [78].

На обложке: 1-я стр. — Ближайшая из двух лун Марса — Фобос. Фотография получена с «Маринера-9»

50 лет СССР

30 декабря 1972 г. рабочий класс, колхозное крестьянство, трудовая интеллигенция, весь советский народ будут отмечать 50-летие образования Союза Советских Социалистических Республик.

50-летие образования СССР — великий праздник нашего многонационального народа.

Многонациональный советский народ встречает 50-летие образования СССР могучим, монолитно сплоченным, уверенно и целеустремленно идущим под руководством Коммунистической партии вперед, по пути, намеченному ее Программой, XXIV съездом КПСС. Выработанные съездом грандиозные планы дальнейшего коммунистического строительства открывают широкий простор для созидательного творчества трудящихся всех национальностей нашей страны.

Идя навстречу славному юбилею, Центральный Комитет КПСС вновь подтверждает твердую решимость партии, выраженную ее XXIV съездом, и впредь неуклонно проводить ленинский курс на всемерное укрепление Союза Советских Социалистических Республик, делать все необходимое для того, чтобы связи между народами нашей страны становились теснее и глубже, чтобы еще прочнее было их интернациональное социалистическое единство.

ЦК КПСС призывает рабочий класс, колхозное крестьянство, народную интеллигенцию ознаменовать славный юбилей Союза Советских Социалистических Республик новыми достижениями в осуществлении решений XXIV съезда партии, укреплении могущества нашего многонационального социалистического Отечества, в развитии экономики, культурном строительстве, повышении благосостояния трудящихся.

ЦК КПСС выражает уверенность в том, что 50-летие образования Советского Союза явится новой яркой демонстрацией единства наций и народностей СССР, их сплоченности вокруг Коммунистической партии, верности принципам интернационализма и дружбы народов.

Из Постановления ЦК КПСС «О подготовке к 50-летию образования Союза Советских Социалистических Республик»

В. И. МОРОЗ
доктор физико-математических
наук
Л. В. КСАНФОМАЛИТИ
кандидат физико-математических
наук

Новые вести с Марса

Наверное, ни об одной планете, исключая Землю, не писали так давно и так много, как о Марсе. Что же нового об этой планете сообщили недавно появившиеся у нее искусственные спутники?

В конце ноября 1971 г. на небе Марса появилось новое светило. С поверхности планеты его можно различить невооруженным глазом. Наблюдатель, привычный к быстрому движению марсианских лун, без труда определил бы, что новый объект — спутник планеты.

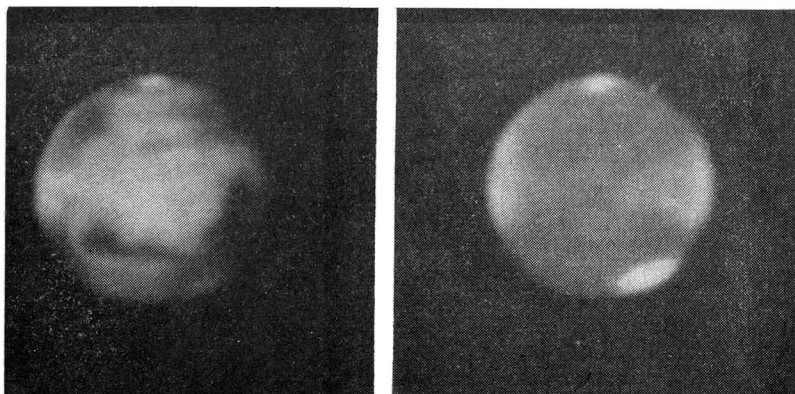
Таких объектов ныне три: советские «Марс-2» и «Марс-3» и американский «Мари-

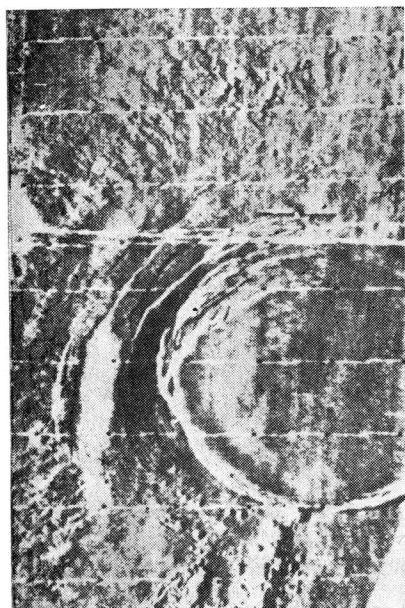
нер-9» — искусственные спутники Марса земного происхождения. При переходе на орбиту спутника Марса от советской автоматической станции «Марс-3» отделился спускаемый аппарат с научной аппаратурой и впервые совершил мягкую посадку на поверхность планеты. Радиосигналы, полученные после завершения операции спуска, подтвердили успех.

Начиная с 70-х годов XIX в. вопрос «Есть ли жизнь на Марсе?» кочует по страницам как научных, так и популярных книг. Проблема «каналов», «оазисов» и других интригующих деталей, наблюдаемых на диске Марса, вот уже 100 лет волнует астрономов и любителей астрономии во всем мире. Что же установлено твердо и что предстоит выяснить?

В 1965 г. стало сенсацией открытие «лунных» форм марсианского рельефа («Маринер-4»). В 1969 г. эти данные были существенно дополнены телевизионными изображениями, переданными «Маринером-6» и «Маринером-7».

Снимки Марса, полученные в красном (слева) и синем (справа) фильтрах 3 апреля 1967 г. на обсерватории университета Нью-Мексико (США)





Телевизионный снимок кратера диаметром около 100 км вблизи района Гордиевого Узла. Эта область настолько высока, что ее удалось наблюдать над уровнем пылевой бури. Фотография получена в 1971 г. «Маринером-9»

Сходство Марса с Луной — обилие кратеров на его поверхности — не так уж неожиданно. Но на Марсе, в отличие от Луны, есть атмосфера. Поэтому на Марсе кратеры подвергаются быстрому эрозионному разрушению.

При наблюдении с Земли на диске Марса видны детали нескольких типов: светлые области («материки»), занимающие примерно $\frac{2}{3}$ диска, темные области («моря») — в основном экваториальный пояс — и снежно-белые полярные шапки. Что представляют собой темные области, чем они отличаются от светлых, кроме яркости, — пока не ясно. Раньше предполагалось, что это низины, но радиолокационные и спектроскопические наблюдения, проведенные в последние годы, показали, что светлые области могут быть и высокими и низкими, как, впрочем, и темные, которые к тому же часто оказываются протяженными склонами. Вообще, относительные высоты отдельных больших районов Марса могут сильно отличаться (до 10—15 км).

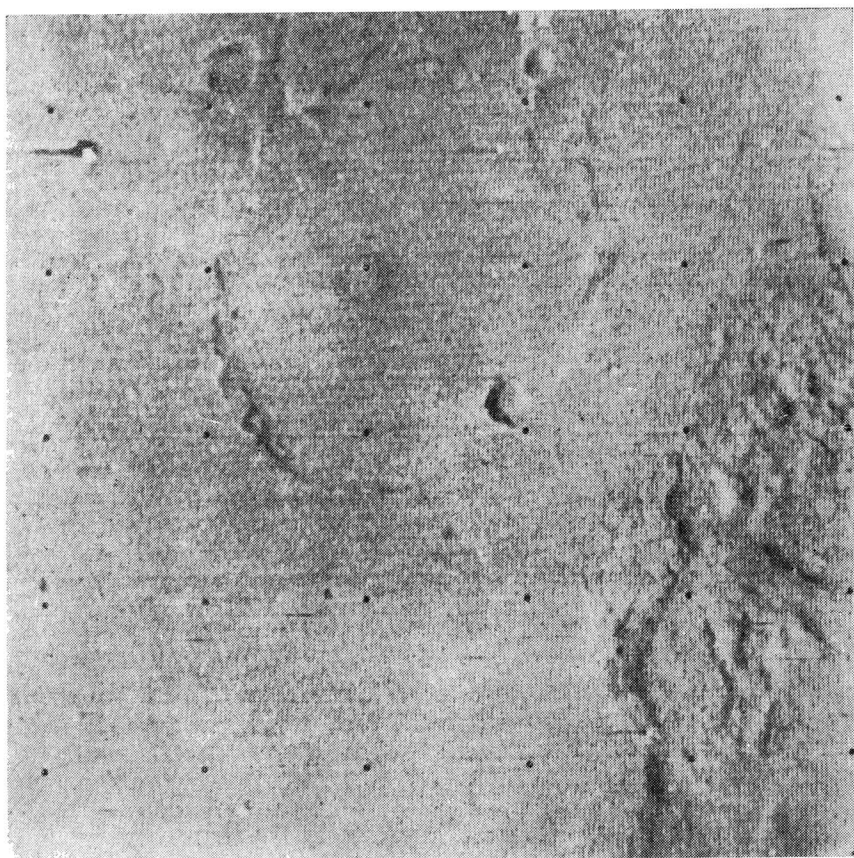
Наблюдения темных областей свидетельствуют о сезонных изменениях цвета планеты или о сезонных изменениях контраста областей с окружающими материками. Как известно, существует несколько гипотез, объясняющих это явление. Одна из них полагает, что благодаря растительному покрову темные области сохраняют окраску после сильных пылевых бурь. «Волны потемнения», распространяющиеся от тающей полярной шапки к экватору, как будто подтверждали гипотезу о растительном покрове. В 1957 г. были опубликованы наблюдения полос поглощения около 3,5 мк, присущих органическим молекулам. В течение нескольких лет эти наблюдения ученые связывали с жизнью на Марсе, но потом им пришлось отказаться от столь привлекательной, но, к сожалению, ошибочной гипотезы*. В настоящее время существование растительной жизни на Марсе, хотя бы в самых простейших формах, представляется сомнительным. Тем не менее, одной из задач «Марса-2» и «Марса-3» был поиск районов планеты, где, по земным представлениям, жизнь наиболее вероятна. (Не следует забывать о колоссальной приспособляемости растений и бактерий в земных условиях.) Такие районы должны характеризоваться сравнительно высокими температурами и влажностью.

Большая часть поверхности Марса, по-видимому, покрыта кратерами. Есть области, лишённые кратеров, например, низменная пустыня Хеллас. Очень любопытны небольшие районы с так называемым хаотическим рельефом, представляющим собой нагромождение неровностей**.

Аппараты «Марс-2» и «Марс-3» оснащены, в частности, инфракрасными фотометрами, предназначенными для измерения рельефа планеты по глубине полосы поглощения 2,06 мк в спектре CO_2 . Сущность эксперимента заключается в следующем. Луч света, отраженный поверхностью планеты, дважды проходит через ее атмосферу. Поэтому суммарный путь, а следовательно, и поглощение в атмосфере будут тем больше, чем ниже расположена отражающая поверхность. И наоборот, над возвышенными областями поглощение будет

* Г. И. Салова. О чем говорят «полосы Синтона». «Земля и Вселенная», № 5, 1965 г.

** Р. Лейтон. Поверхность Марса. «Земля и Вселенная», № 3, 1971 г.



Область «хаотического» рельефа Марса. Координаты участка 17° ю. ш. и 330°. Фотография передана в 1969 г. «Маринером-6»

мало. Разумеется, необходимо учитывать наклонное положение лучей света, а также разное положение Солнца и аппарата над изучаемой точкой поверхности. Анализ поступающей информации подтвердил применимость метода. Исследователи получили новые данные, свидетельствующие о перепадах высот на отражающей поверхности.

Никаких «каналов» на крупноплановых снимках Марса не обнаружено. Однако из сопоставления рельефа Луны и Марса можно сделать некоторые выводы о природе «каналов». Неподалеку от Южного полюса Луны есть кратер Тихо. Он хорошо известен наблюдателям Луны. При больших углах фазы кратер практически ничем не выделяется на фоне окружающего материка. Но по мере приближения к полнолунию, вокруг кратера появляется яркий

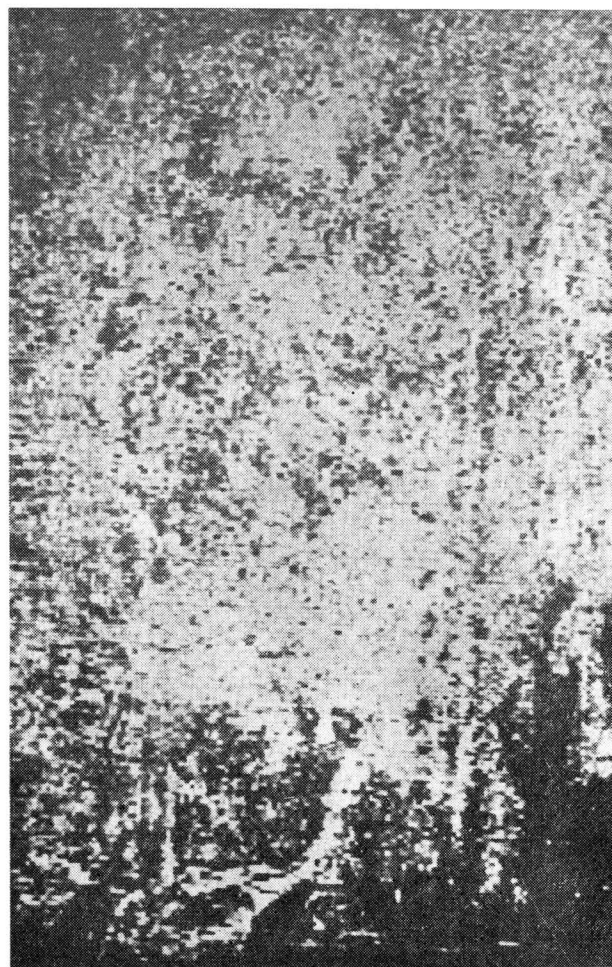
венiec «лучей», тянущихся на огромные расстояния (более половины видимой стороны Луны). После прохождения фазы через минимум, яркость «лучей» постепенно снижается и к квадратуре они становятся малозаметными, а потом почти исчезают. Анализ структуры «лучей» Тихо, проводившийся по снимкам, полученным советскими и американскими аппаратами, показал, что с повышением разрешения их форма сначала теряет четкость, а затем «лучи» распадаются на самые обычные кратеры с несколько более светлыми, чем у других, дном и фоном. Если бы Луна находилась значительно дальше от Земли и фазовая кривая ее была бы ограничена $\pm 47^\circ$, как у Марса, не исключено, что и на ней бы предполагалось существование «каналов» на месте «лучей» Тихо и некоторых других кратеров. В самом деле,

система «лучей» вполне правильная, сходятся все они в один узел, а один из них даже двойной. Можно считать, что «каналы» Марса сродни «лучам» лунных кратеров. Только лунные «лучи» светлее, а мнимую картину марсианских «каналов» создают темные детали. После получения первых изображений марсианских кратеров был проведен анализ влияния на них эоловой (ветровой) эрозии, а также разрушения метеоритной бомбардировкой. Если сделанные оценки правильны, то скорость метеоритной эрозии на Марсе должна быть в 20 раз больше, чем на Луне (вспомним о близости пояса астероидов). Возраст ныне существующих деталей марсианского рельефа около 300 млн. лет, что намного меньше возраста лунных образований.

Состав поверхностного слоя, по современным (неисчерпывающим) данным, — силикаты с примесью гидратов окислов железа — гетита и лимонита. Согласно одной из гипотез, «волна потемнения», распространяющаяся с большой скоростью (30 км в сутки) от тающей шапки к экватору и за экватор, может быть объяснена ветровым переносом частиц, без привлечения представлений о вегетации растительности на Марсе. Другая гипотеза предполагала некоторое увлажнение поверхности. Так же, как и в предположении о растительности, жизнеспособность гипотезы зависит от того, сколько водяного пара будет обнаружено в атмосфере. На борту аппаратов «Марс-2» и «Марс-3» имеется прибор для дистанционного измерения количества осажденной воды. По первым измерениям, в области от 50 до 60° ю. ш. в атмосфере Марса содержится всего около 5 мк осажденной воды — почти в 2 000 раз меньше, чем в земной атмосфере, и примерно вдвое меньше, чем ожидалось. Есть основания полагать, что влага распределена по планете неравномерно и ее количество сильно меняется во времени.

Важные сведения об атмосфере и природе поверхностного слоя в диапазоне 3600—7000 Å дает сканирующий фотометр, установленный на борту аппаратов «Марс-2» и «Марс-3». Система узкополосных светофильтров, которыми оснащен прибор, позволяет измерить цветность отдельных участков поверхности. Сопоставление данных сканирующего фотометра, радиометра и инфракрасного фотометра позволяет получить комплексную информацию о поверхности планеты.

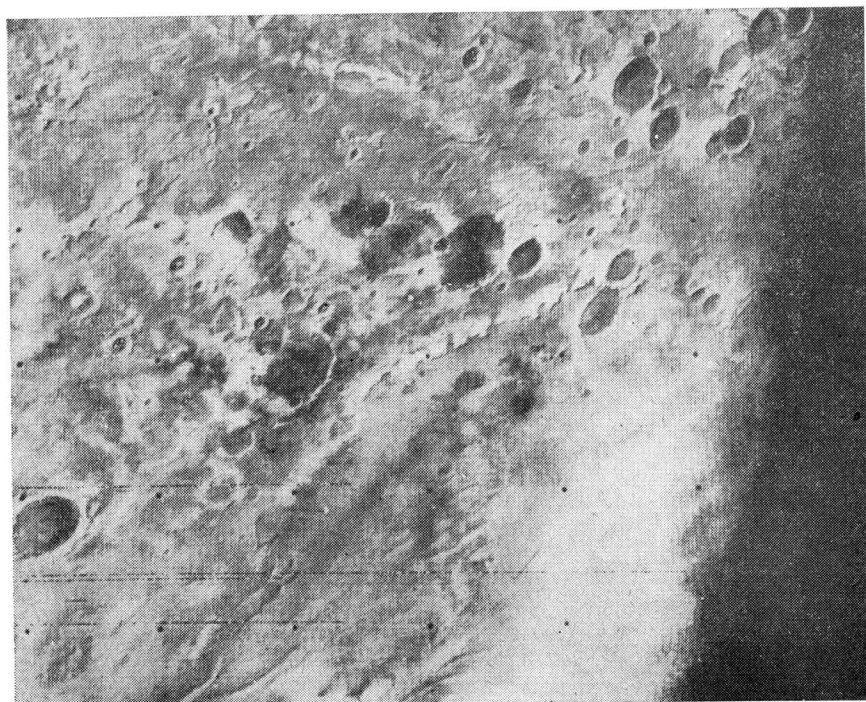
Во время великого противостояния 1956 г. наблюдение деталей поверхности Марса было затруднено: разразилась пылевая буря и надолго скрыла поверхность планеты. В период



Телевизионный снимок Марса, переданный в 1971 г. аппаратом «Марс-3»

великого противостояния 1971 г. тоже была пылевая буря, хотя началась она позднее. Буря сильно затрудняет фототелевизионную съемку поверхности планеты, скрывая детали. Тем не менее, интересные фотографии уже получены и советскими аппаратами «Марс-2», «Марс-3» и американским «Маринером-9», на котором телевизионная съемка — основная задача эксперимента.

Одновременные наземные наблюдения в середине января 1972 г. указывали на затухание пылевой бури. Снимки южной полярной шапки, сделанные в 1969 г. «Маринером-7», показали, что светлый покров ее не сплошной и может быть достаточно тонким. На одном из снимков видна темная «кайма» вокруг тающей полярной шапки.

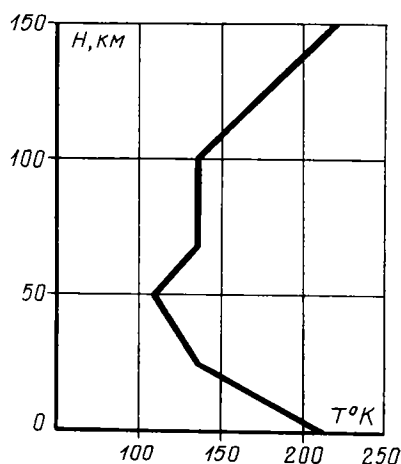


Район Марса вблизи южной полярной шапки. Темная граница — терминатор. Снимок сделан в 1969 г. американским космическим аппаратом «Маринер-7»

Аппараты «Марс-2» и «Марс-3» оснащены радиометрами, предназначенными для измерения яркостных температур в диапазоне 8—40 мк. Размер участка (30—40 км), в пределах которого температура усредняется, определяется телескопической системой радиометра. Как и инфракрасный фотометр, прибор «видит» участки, находящиеся на поверхности под трассой полета космического аппарата. Полученные результаты показали, что максимальная зарегистрированная температура на широте около 50° ю. ш. в сеансе связи с «Марсом-3» 15 декабря 1971 г. составила 247° К (—26° С), в сеансе 28 декабря 252° К (—21° С) и в сеансе 9 января 1972 г. 250° К (—23° С). Минимальные температуры ночью на экваторе примерно 170° К (—103° С). Кроме того, радиометр обнаружил несколько точек слегка повышенной температуры. Так, в районе Цербер, находившемся в ночной зоне, на фоне температур 190° К (—83° С) был найден участок с температурой около 200° К (—73° С). Повышенная температура отдельных районов поверхности может объясняться и эндогенным теплом (внутренним теп-

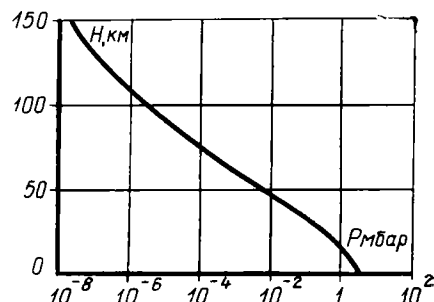
лом планеты) и влиянием скальных массивов, нагретых за день. По скорости остывания отдельных участков поверхности после захода Солнца можно получить сведения о величине тепловой инерции отдельных районов. Это, в свою очередь, дает информацию о коэффициентах теплоемкости и теплопроводности, а также о плотности вещества. В сеансе связи с аппаратом, состоявшемся 3 февраля 1972 г., получены значительно более высокие температуры — около 273° К (0° С). Поверхность Марса прогрелась после того, как пылевые облака рассеялись.

Разреженная атмосфера планеты практически не задерживает уходящее ИК-излучение, суточные изменения температуры на поверхности Марса большие. В среднем температура составляет около 210° К (—63° С). Орбита Марса сильно вытянута, причем перигелий соответствует лету в южном полушарии. Поэтому лето там значительно теплее, чем в северном. Средние температуры планеты в перигелии повышаются на 20°, в афелии почти на столько же падают. Разумеется, температура отдель-



Зависимость температуры от высоты над поверхностью планеты. До высоты 50 км температура уменьшается, а выше — несколько возрастает. Кривая температуры — средняя суточная, т. е. осредняющая дневные и ночные температуры

Зависимость давления от высоты над поверхностью планеты



ного участка поверхности зависит также от ареографической широты, прозрачности атмосферы и альbedo.

Данных о температуре атмосферы меньше. С увеличением высоты над поверхностью до 50 км температура падает, а затем несколько возрастает.

Атмосфера Марса оказалась более холодной и разреженной, чем ожидалось. Еще в начале 60-х годов считали, что наиболее вероятная величина давления у поверхности планеты составляет 80 мбар, причем разные оценки давали от 60 до 120 мбар (около $1/10$ — $1/15$ давления у поверхности Земли). В 1963 г. полагали, что давление должно быть ниже — от 10 до 40 мбар. Ныне установлено, что среднее давление у поверхности планеты 5,5—6,5 мбар. Это соответствует земному давлению на высоте около 40 км. Большие высоты марсианских гор (до 12 км) и глубокие впадины (до 2 км) увеличивают амплитуду колебаний давления у поверхности от 2 до 10 мбар.

Состав атмосферы также оказался несколько неожиданным. Считалось, что азота N_2 должно быть примерно 90%, хотя трудно найти какой-либо более веский довод, чем аналогия с земной атмосферой. По данным, полученным аппаратами «Маринер-6» и «Маринер-7», а также по результатам наземных спектроскопических измерений последних лет, углекислый газ CO_2 составляет не менее 50% атмосферы Марса. Азот пока не обнаружен вовсе, и косвенные расчеты позволяют полагать, что его относительное содержание не

превышает 5%. Из других составляющих установлено присутствие кислорода O_2 (менее 0,3%), паров H_2O (менее 0,05%) и некоторых других газов. Если сравнить полученные результаты по химическому составу с литературными данными 10-летней давности, общее можно найти только в одном: содержание аргона Ar остается неизвестным.

Фотометр аппарата «Марс-3» трижды зарегистрировал облако большой протяженности, видимое только в ультрафиолетовых лучах, а также сильно возросшую яркость края в этом же диапазоне. «Маринер-6» и «Маринер-7» показали, что в ближнем ультрафиолете (3600 Å) прозрачность атмосферы может составлять всего 10%, так что поверхность практически не видна.

Фотометры зарегистрировали и пылевые облака, скрывавшие поверхность планеты. До сих пор не совсем ясно, откуда берутся эти огромные количества пыли, на долгие месяцы поднятые в атмосферу планеты. Скорости ветра у поверхности Марса могут быть ураганными. Согласно одной из гипотез, такие ветры поднимают с поверхности мелкие пылинки, уносят вверх на много километров, где они могут оставаться долгое время. По данным фотометрии, пылинки очень мелкие — от единиц до десятка микрон.

Состав атмосферы и низкие температуры полярных областей связаны с природой полярных шапок. В 1969 г. был получен очень веский довод в пользу гипотезы углекислотного «сухого снега», составляющего полярные шап-



Район вблизи полярной шапки. Наибольший кратер имеет диаметр около 35 км. Фотография передана в 1969 г. «Маринером-7»

ки. Температура южной полярной области в точности оказалась равной температуре конденсации углекислого газа при наблюдаемых давлениях. Практически гипотеза перестала быть гипотезой. Процесс выпадания углекислотного снега является саморегулирующимся: при конденсации выделяется теплота фазового перехода газ — твердое тело, а в результате снижения давления (часть газа сконденсировалась) для дальнейшей конденсации необходимы более низкие температуры. Не вызывает сомнений присутствие в составе полярной шапки обычного инея или снега. Поэтому для водяного пара полярные шапки являются гигантской ловушкой. Таким образом, упоминавшаяся

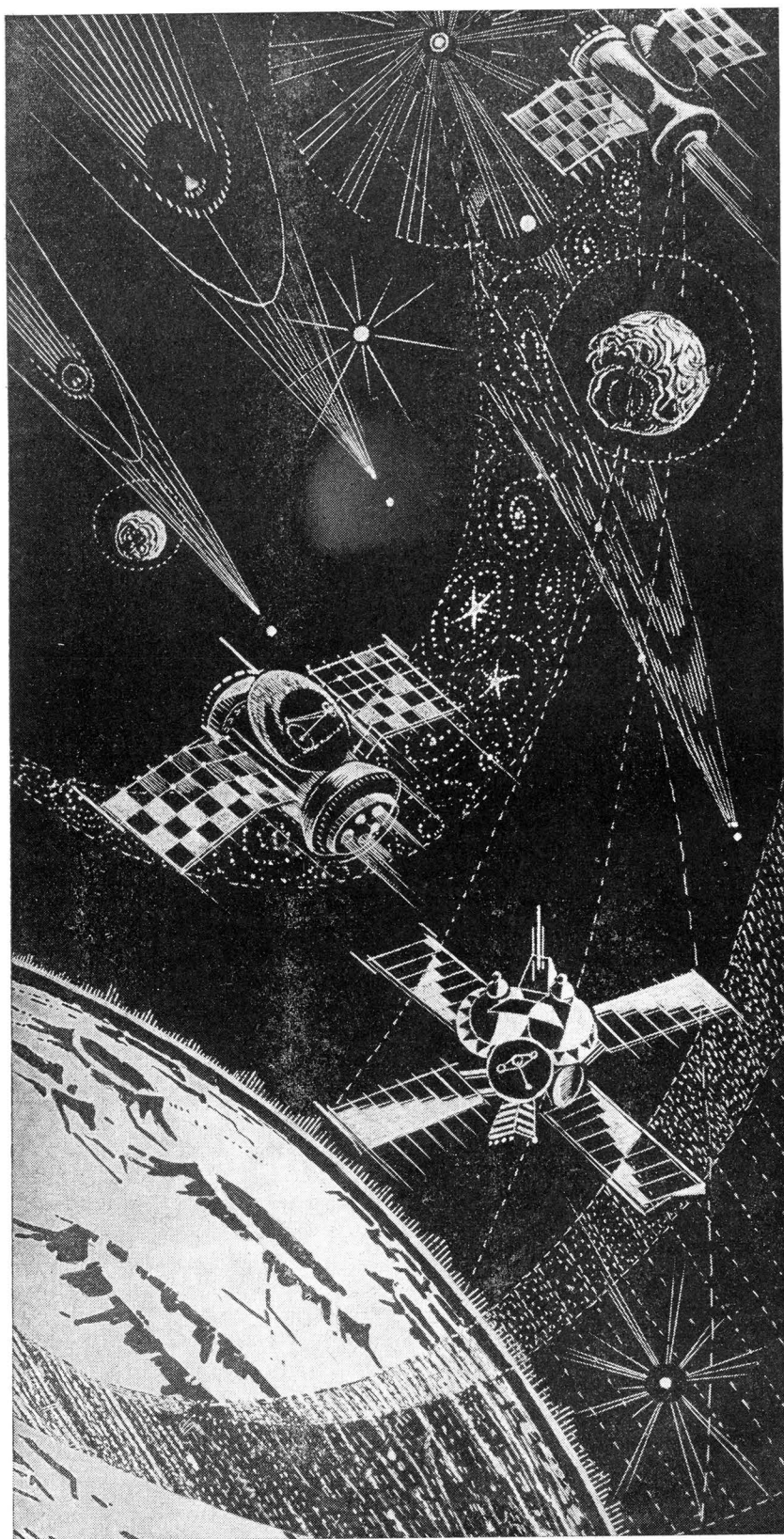
ся выше «волна потемнения» может быть связана и с парами H_2O , освобождающимися при таянии во время полярного дня.

Заканчивая статью, можно без преувеличения сказать, что в последние несколько лет ученые узнали о Марсе намного больше, чем за всю историю астрономии. Достаточно вспомнить, что в каждый сеанс аппараты «Марс-2» и «Марс-3» передают около миллиона единиц информации. Впереди новые всесторонние исследования планеты.

В. В. ШЕВЧЕНКО
кандидат физико-математических
наук

Небо Марса

Успешная мягкая посадка на Марс советской межпланетной станции «Марс-3», естественно, вызвала интерес к описанию марсианской среды «изнутри».



Появление на небе тех или иных созвездий, их положение относительно небесного экватора, суточный цикл и смена времен года определяются движением и ориентацией планеты в пространстве. Период вращения Марса вокруг оси весьма незначительно отличается от земного, а ось его вращения наклонена к плоскости орбиты на 65° , почти так же, как и земная. Поэтому в течение года на Марсе наблюдается смена сезонов: от зимы к весне и лету, от лета к осени и опять к зиме. Марсианский сезонный цикл отличается от земного длительностью времен года и их неодинаковой продолжительностью. Марсианский год примерно равен двум земным. Этим объясняется различие в длительности времен года. А вот из-за того, что орбита Марса довольно вытянута (ее эксцентриситет 0,09, эксцентриситет орбиты Земли 0,02), весна и лето в северном полушарии Марса длятся 371 марсианские сутки, а осень и зима — всего лишь 298 суток.

В зависимости от сезона меняется и продолжительность дня и ночи. В полярных широтах длинный день, продолжающийся почти целый земной год, сменяется столь же долгой ночью. В средних широтах короткие зимние дни увеличиваются с приближением весны и лета и вновь уменьшаются после летнего солнцестояния.

Смена дня и ночи на Марсе должна сопровождаться явлениями, аналогичными земным. В средних широтах Солнце восходит и заходит, двигаясь под углом к горизонту. Поэтому переход от одного времени суток к другому сопровождается длительными сумерками, когда поверхность освещается косыми лучами низкостоящего Солнца. В тропиках и на экваторе Солнце поднимается и опускается почти отвесно. Здесь, так же как на одноименных широтах Земли, день и ночь сменяют друг друга резким переходом от света к темноте.

Как выглядит марсианское небо в разное время суток? Нам знакомы голубой небесный свод земного дня и усыпанное мерцающими звездами ночное небо. Посланцы Земли — космонавты и автоматические станции — видят небо ближнего космоса и Луны

черным, даже если на нем сияет Солнце.

Марс не обладает столь плотной атмосферой, как Земля, но и не лишен ее вовсе, как Луна. Эта особенность, вероятно, порождает довольно своеобразные эффекты, связанные с прохождением света через марсианскую атмосферу. У поверхности Марса плотность газовой оболочки такая же, как на высоте 32—35 км над поверхностью Земли. Эти слои воздушного океана впервые были обследованы с высотных стратостатов. Наблюдатели, поднимавшиеся на стратостатах, отмечали, что непосредственно над горизонтом, который выделяется полосой белой дымки, небо имеет светло-синий оттенок. На 20—30° выше оно окрашено в синий цвет той насыщенности, какую мы видим с поверхности Земли. Ближе к зениту цвет неба почти черный с темно-синим оттенком.

Примерно таким предстанет перед марсианским наблюдателем дневное небо планеты. Ведь характер рассеяния света газовой средой не зависит от ее химического состава и определяется размерами частиц, рассеивающих солнечные лучи. В чистом незапыленном воздухе свет рассеивают молекулы газа. Их размеры, очевидно, так же малы в марсианской атмосфере, как и в земной. На Земле рассеянный в атмосфере свет окрашивает небесный свод в голубые тона. Это происходит потому, что малые частицы рассеивают внутри газовой оболочки именно голубые лучи. Интенсивность окраски зависит от количества рассеивающих частиц. Поэтому, когда луч зрения пересекает толщу атмосферы по кратчайшему пути (наблюдатель смотрит в область, близкую к зениту), в сильно разреженной атмосфере голубое свечение почти незаметно и небесный свод имеет темно-синюю или вовсе черную окраску. При наблюдении горизонта и прилегающих к нему зон на пути луча зрения оказывается толща атмосферы, в двадцать с лишним раз большая. Слабое свечение газовой среды становится более насыщенным для глаза наблюдателя.

В реальных условиях Марса об-

ласть голубого свечения, по-видимому, не будет простирается выше $10\text{--}20^\circ$ над горизонтом. Аэрозольная составляющая марсианской атмосферы придает всему небесному своду белесоватый оттенок. На фоне почти черного дневного неба облачные образования, временами появляющиеся на высоте 15 км и больше, могут, вероятно, представлять эффектное зрелище.

Дневное светило выглядит на Марсе менее ярким. Диаметр видимого диска Солнца в 1,5 раза меньше, чем при наблюдениях с Земли. Поскольку наклонение орбиты Марса к эклиптике незначительно — всего лишь $1^\circ 51'$, то для марсианского наблюдателя, как и для земного, путь Солнца среди звезд проходит по тем же зодиакальным созвездиям. Однако Солнце перемещается на фоне звезд медленнее и завершает свой путь почти за два земных года.

Яркие звезды, расположенные на небосводе ближе к зениту и далеко от Солнца, марсианский наблюдатель, вероятно, увидит и днем. Однако полная картина звездного неба раскроется с наступлением ночи. Благодаря меньшей, чем на Земле, плотности атмосферы, звезды с Марса будут выглядеть ярче, а их мерцание — менее заметным. Облачные образования, повышенная запыленность воздуха и особенно пылевые бури, разумеется, будут создавать определенные помехи.

Суточный вращение небесного свода на Марсе имеет почти ту же скорость, что и на Земле. Восходя в восточной части горизонта, светила перемещаются по малым кругам небесной сферы, наклоненным к горизонту на угол, зависящий от широты места наблюдения. Но вращение небесного свода происходит вокруг иной точки, поскольку ориентация оси вращения Марса отличается от положения в пространстве земной оси. Северный небесный полюс расположен в созвездии Лебедя на фоне Млечного Пути и не отмечен какой-либо яркой звездой. Среди звезд точку полюса можно найти в середине линии, соединяющей звезды α Цфея и α Лебедя (Денеб). Южный полюс находится

в созвездии Парусов *. Естественно, очертания созвездий при наблюдении с Марса те же, что и при наблюдении с Земли.

Планеты на марсианском небе так же, как и на земном, видны в пределах зодиакальных созвездий. В полной фазе планеты имеют следующие звездные величины: Меркурий — $1^m,10$; Венера — $3^m,16$; Земля — $1^m,87$; Юпитер — $2^m,84$; Сатурн $0^m,54$; Уран $5^m,46$; Нептун $7^m,85$; Плутон $14^m,86$. Таким образом, и на марсианском небе Венера — самая яркая планета. (Правда, полная фаза Меркурия, Венеры и Земли с Марса не видна. Приведенные для них звездные величины следует рассматривать как относительную характеристику.)

В утренних или вечерних сумерках на небосводе появляется Земля. Вблизи полной фазы ее блеск становится почти равным блеску Юпитера, наблюдаемому с Земли. Но поскольку орбита нашей планеты проходит

внутри орбиты Марса, полная фаза Земли недоступна для марсианского наблюдателя. В лучшем случае он увидит освещенным $\frac{3}{4}$ диаметра земного диска. При меньших фазах Земля пропадает в солнечных лучах. Максимальное удаление Земли от Солнца на марсианском небосводе не превышает $30\text{--}35^\circ$.

Землю постоянно сопровождает светило, блеск которого меняется с тем же периодом, что и блеск Земли. В минимуме его не видно совсем, в максимуме блеск возрастает до 2-й звездной величины. Так выглядит с Марса Луна.

А как с поверхности Марса видны его спутники — Фобос и Деймос? Они очень яркие и превосходят по блеску Венеру. При полной фазе блеск Фобоса равен $\text{—}8,8$ звездной величины. Примерно такой же блеск у Луны, наблюдаемой с Земли вблизи четверти. Значит, Фобос в полной фазе даже освещает ландшафт после захода Солнца. Деймос в полной фазе имеет блеск $\text{—}4,8$ звездной величины. Такой яркостью в максимуме обладает Венера, видимая с Земли.

Расстояния спутников от Марса велики: Фобос удален на 2,79 диаметра планеты, Деймос — на 6,93. (Луна находится от Земли на расстоянии 30 земных диаметров.) Поэтому с поверхности планеты Фобос и Деймос наблюдаются не на всех широтах. На небе полярных областей спутники не появляются вовсе. Деймос становится видим на широтах, меньших 81° , Фобос начинает подниматься над горизонтом на широтах не выше 68° . Расстояния спутников от поверхности Марса и их размеры таковы, что даже невооруженным глазом можно различить очертания дисков этих небесных объектов. Находясь в зените, Фобос имеет видимый диаметр $11',6$. Угловой диаметр Деймоса лежит на пределе разрешения глаза и равен $1',4$. Из-за близости спутников к планете, их угловые размеры ощутимо меняются при движении по небу. У горизонта видимый диаметр Фобоса уменьшается в 1,57 раза, а Деймоса — в 1,17 раза.

Фобос и Деймос движутся по орбитам, плоскости которых лишь незначительно наклонены к плоскости

* Карта марсианского звездного неба помещена на вклейке.

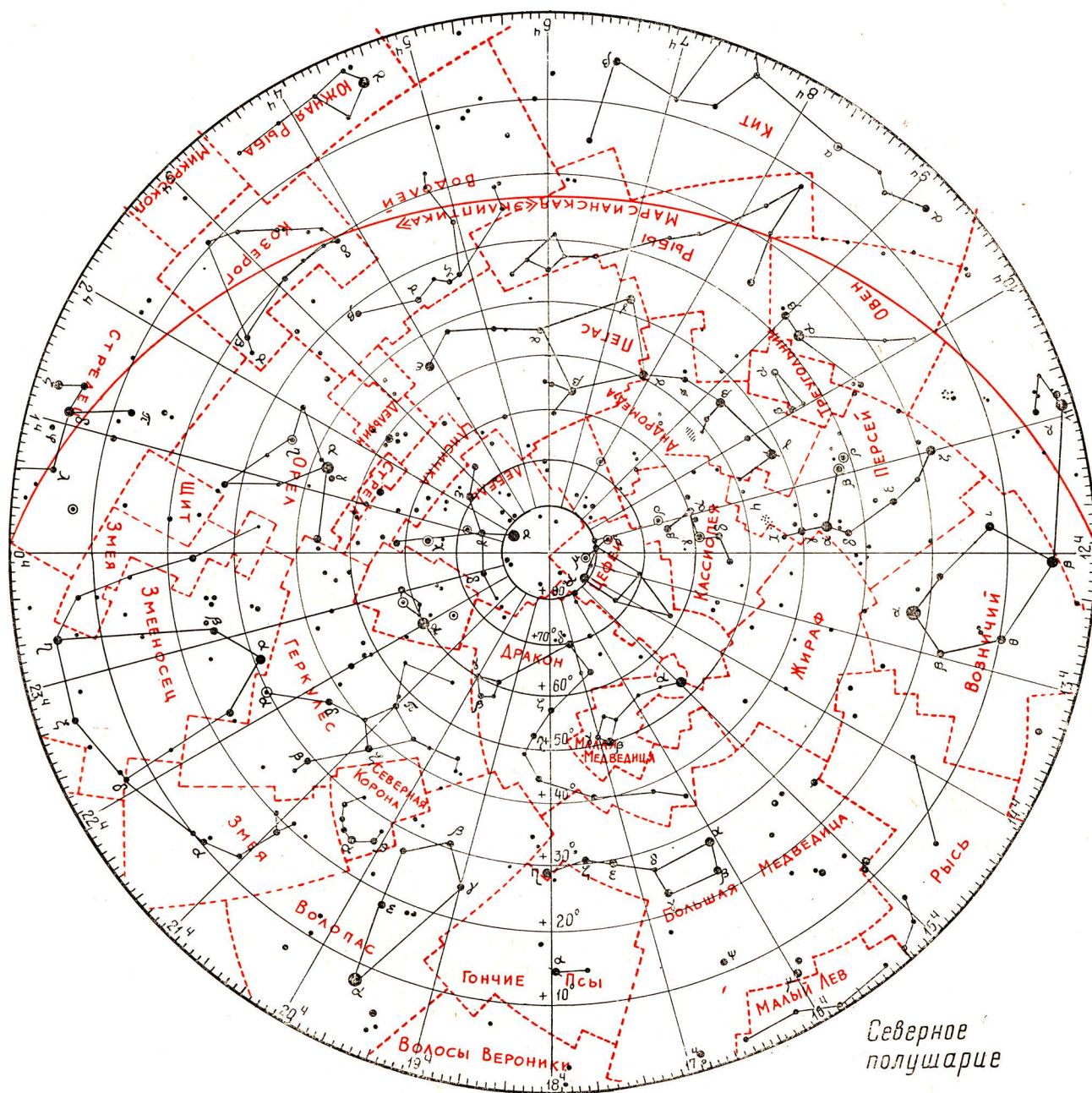
Марсиан- ская звездная карта

Карта звездного неба планеты Марс (см. вклейку) вычерчена в полярной стереографической проекции. Аналогично сложившейся системе земных небесных координат, при составлении карты за основу брались марсианские экваториальные координаты — склонения и прямые восхождения.

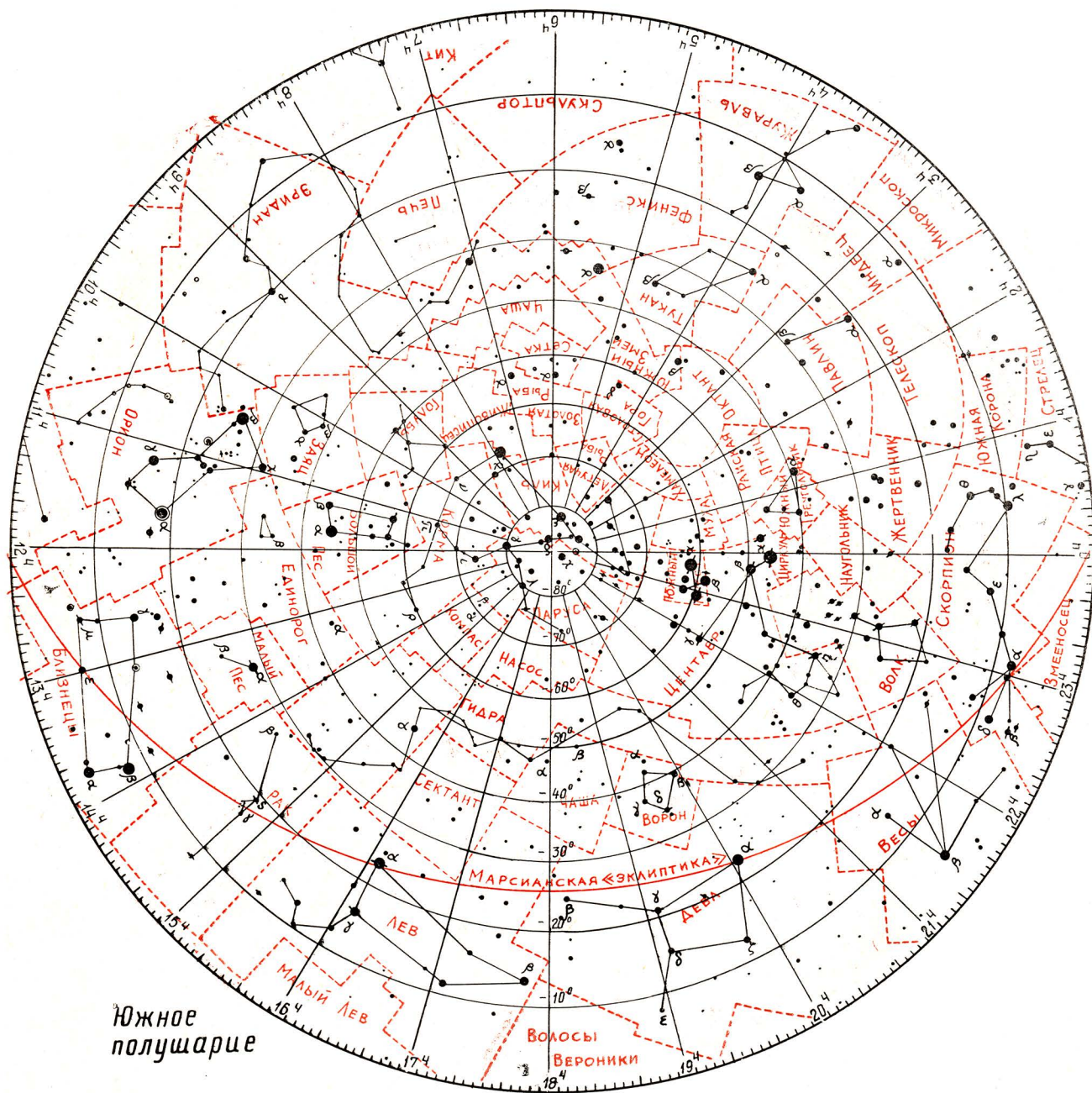
Марсианские экваториальные координаты звезд можно определить, если известны их земные экваториальные координаты, экваториальные координаты Северного полюса Марса (в начале 1972 г. $\alpha = 21^h0,8^m$, $\delta =$

$= 53^\circ05'$) и элементы марсианской орбиты (плоскость орбиты Марса наклонена к плоскости марсианского экватора на $24^\circ46'$). По этим данным и формулам сферической астрономии можно рассчитать марсианские экваториальные координаты для каждой звезды, а затем начертить марсианскую звездную карту. Такой метод, хотя и позволяет обеспечить большую точность, сопряжен с громоздкими вычислениями. Поскольку в масштабах карты точность не превышает одного градуса, можно вместо численных расчетов сделать графические

Карта звездного неба Марса



Карта звездного неба Марса



экватора Марса ($1^{\circ}8$ и $1^{\circ}4$ соответственно). Поэтому путь спутников на небе протекает вблизи небесного экватора, последовательно пересекая созвездия Кита, Тельца, Близнецов, Льва, Девы, Весов, Скорпиона, Стрельца, Микроскопа и Южной Рыбы.

Период обращения Фобоса вокруг Марса составляет 7 часов 39 минут. Чтобы получить период видимого движения спутника по марсианскому небу, надо учесть собственное вращение планеты. За время одного оборота спутника Марс повернется вокруг своей оси на определенный угол. Точка на его поверхности, с которой условно началось движение Фобоса, как бы опередит спутник на некоторое угловое расстояние. Поэтому к периоду обращения Фобоса потребуется добавить время, за которое спутник «догонит» наблюдателя, находящегося на поверхности Марса. Период видимого движения Фобоса равен 11 часам 02 минутам. Поскольку направление вращения у спутника и планеты одно и то же, Фобос должен двигаться навстречу су-

точному вращению звездного неба. Это значит, что восходит Фобос на западе, а заходит на востоке.

Период обращения Деймоса намного больше периода вращения Марса — 1 сутки 6 часов 18 минут. Спутник как бы отстает в своем движении, а точка на поверхности планеты нагоняет его. Из-за того, что значения периодов вращения Марса вокруг оси и обращения Деймоса близки, период движения этого спутника на марсианском небе очень велик — 126 часов 06 минут, т. е. более пяти суток. Деймос перемещается по небосводу крайне медленно. С момента его восхода над горизонтом до заката проходит более двух с половиной суток. Фобос за то же время успевает 11 раз пересечь небосвод. Поскольку движение Деймоса по небу прямое, оба спутника перемещаются навстречу друг другу.

В год последнего великого противостояния Марса земляне украсили его небосвод еще тремя спутниками. Советский искусственный спутник «Марс-2» вышел на первоначальную орбиту с периодом 18 часов и углом

наклона к плоскости экватора $48^{\circ}54'$. Расстояние в перицентре составляло 1380 км, в апоцентре — 25 000 км. Второй советский искусственный спутник был выведен на более высокую орбиту. Первоначально максимальное удаление его от планеты достигало около 200 000 км, а период обращения составлял примерно 11 суток. Автоматическая станция «Маринер-9», запущенная американскими специалистами, вышла на орбиту искусственного спутника Марса с периодом обращения 12,5 часов и минимальным расстоянием от планеты 1380 км. «Марс-2» прочерчивает марсианское небо с интервалом 2,6 суток, «Марс-3» и «Маринер-9» проходят над одной и той же местностью Марса через каждые 1,1 сутки.

Новые данные, получаемые с Земли и с космических аппаратов, помогут уточнить и детализировать описание марсианских небес. Но уже и сейчас астрономы могут точно представить себе, какие объекты и в какое время можно наблюдать на небе Марса.

Рисунок И. Митюкова

с помощью стереографической сетки Вульфа.

Познакомимся с особенностями марсианского звездного неба. Как видно, марсианский Северный полюс мира находится в созвездии Лебедя, причем вблизи него нет ни одной яркой звезды. Марсианский Южный полюс мира расположен в созвездии Парусов, между звездами δ и κ .

Плоскость орбиты Марса пересекает те же зодиакальные созвездия, что и эклиптика. Это легко понять: орбита Марса наклонена к земной всего лишь на $1^{\circ}51'$.

Полоса Млечного Пути на марсианском небе проходит через оба полюса мира. О ее положении на карте можно судить по концентрации ярких звезд вдоль круга склонений 0° — 12° .

Наблюдатель на одном из полюсов Марса мог бы увидеть в полярную ночь, как огромная арка Млечного Пути, проходящая через зенит, с суточным интервалом кружится вокруг отвесной линии. А на экваторе Марса он мог бы наблюдать, как при суточном вращении неба арка Млечного Пути, будто бы закрепленная в

точках севера и юга, поднимается на восточной стороне марсианского горизонта, проходит через зенит и скрывается за горизонт на западе. Одновременно на востоке появляется другая арка — вторая половина кольца Млечного Пути.

Полоса Млечного Пути служит удобным ориентиром для приближенного определения сторон горизонта на Марсе. Точки, в которых середина полосы пересекает линию горизонта, — точки севера и юга.

А. Д. МАРЛЕНСКИЙ
доцент

В. Б. СОКОЛОВ
кандидат технических наук

Встреча в космосе

Решение задач, связанных со встречами двух космических аппаратов в полете,— одна из важнейших проблем современной космонавтики.

Встреча в космосе — довольно сложная операция, конечной целью которой является сближение космических аппаратов на небольшое (в пределе нулевое) относительное расстояние. Относительная скорость аппаратов в конце маневра, как правило, должна быть очень малой. Из двух космических аппаратов (по принятой в настоящее время схеме) один обычно пассивный. Он уже находится на некоторой орбите и не маневрирует. Другой — активный — совершает все необходимые для встречи маневры. После старта и вывода на исходную орбиту он маневрирует, чтобы попасть в зону встречи, затем осуществляет маневры сближения и причаливания и стыкуется с пассивным аппаратом. Такая схема довольно условна. В действительности, если на борту космического аппарата имеются достаточно мощные двигатели и большой запас топлива, то он может быть выведен не на промежуточную орбиту, а непосредственно в зону встречи. Если же наземные станции работают очень точно и полету не препятствуют различные геометрические ограничения, связанные, например, с условиями освещенности или с прохождением над определенными пунктами земной поверхности, то можно отказаться от этапа сближения и после выхода активного аппарата в зону встречи непосредственно осуществлять причаливание. Необходимость того или иного этапа диктуется, прежде всего, техническими ограничениями. Так, для точного измерения параметров относительного движения встречающихся космических аппаратов недостаточно одних только наземных станций: на борту одного из аппаратов нужно установить навигационное оборудование. Дальность его действия, в принципе, не может быть слишком большой, иначе это оборудование окажется чрезмерно тяжелым и громоздким. Поэтому активный аппарат выводится наземными средствами сопро-

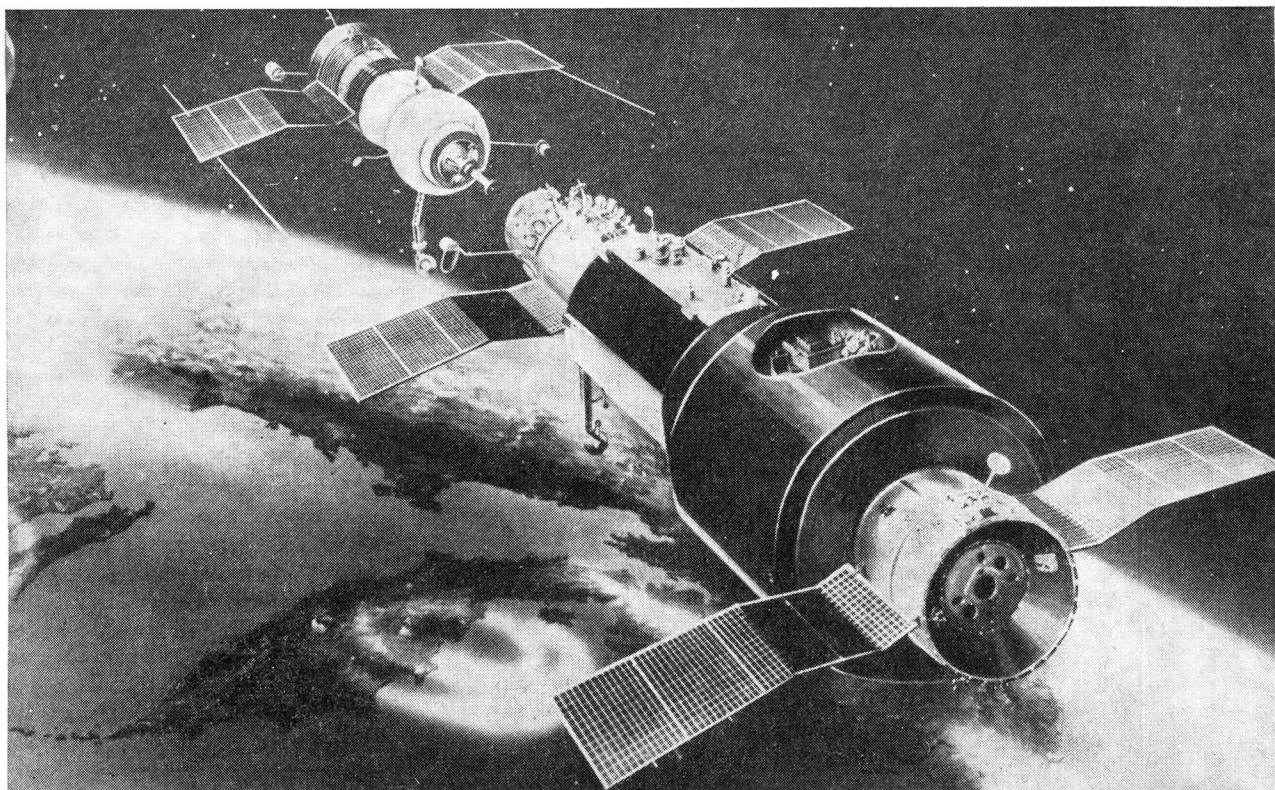
вождения сначала в зону встречи, а затем, когда расстояние между аппаратами станет достаточно малым, начинают работать бортовые измерительные устройства. Бортовой координатор (например, радиолокатор или оптические устройства) можно будет использовать для управления не сразу после его включения, а лишь после того, как будет обнаружен пассивный аппарат. Управление траекторией активного аппарата во время вывода его в зону встречи обычно называют дальним наведением, а управление на этапе сближения — ближним наведением, или самонаведением. В промежуток между этапами дальнего и ближнего наведения бортовой координатор должен отыскать и «захватить» объект встречи на фоне неба или Земли. Этот этап называется поиском или селекцией.

Когда система ближнего наведения обеспечит выход активного космического аппарата на небольшое расстояние от пассивного аппарата и уменьшит скорость сближения аппаратов, начинается причаливание. Космические аппараты окончательно сближаются и жестко соединяются между собой, т. е. осуществляется стыковка. При необходимости соединяются в одно целое электрические, гидравлические и другие системы состыкованных аппаратов.

Для чего может понадобиться встреча? Рассмотрим некоторые случаи ее применения.

СБОРКА И ОБСЛУЖИВАНИЕ ОРБИТАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

7 июня 1971 г. в Советском Союзе создана первая в мире орбитальная пилотируемая научная станция общим весом свыше 25 т. Подобные станции на близких геоцентрических орбитах могут использоваться в качестве лабораторий для проведения физико-химических, медико-биологических, астрономических, геофизических, тех-



Сближение «Союза-11» с «Салютом»

нологических и других экспериментов в условиях космического пространства (невесомость, глубокий вакуум, отсутствие атмосферы, необычная радиационная обстановка и т. д.)*. Транспортные космические корабли доставят на борт станции экипаж и грузы, а затем возвратят космонавтов и материалы наблюдений на Землю. Встреча и стыковка транспортных кораблей со станцией — необходимый элемент организации и снабжения орбитальных станций. Первый опыт такой работы был осуществлен в полете кораблей «Союз» и станции «Салют».

Некоторые типы орбитальных станций целесообразно собирать на Земле и целиком выводить на орбиту.

Затем транспортный корабль доставит на борт станции экипаж. Пристыкованный к станции транспортный корабль станет частью орбитального научного комплекса, а после выполнения программы исследований возвратит экипаж на Землю. Однако со временем потребуются станции гораздо больших размеров, чем те, которые могут быть выведены на орбиту одной ракетой-носителем. Тогда на монтажную орбиту доставят отдельные блоки, из которых постепенно составят станцию. Примером такой «строительной» операции служит встреча советских космических кораблей «Союз-4 и -5» — после стыковки они образовали временную экспериментальную орбитальную станцию*. Пристыковка к готовой

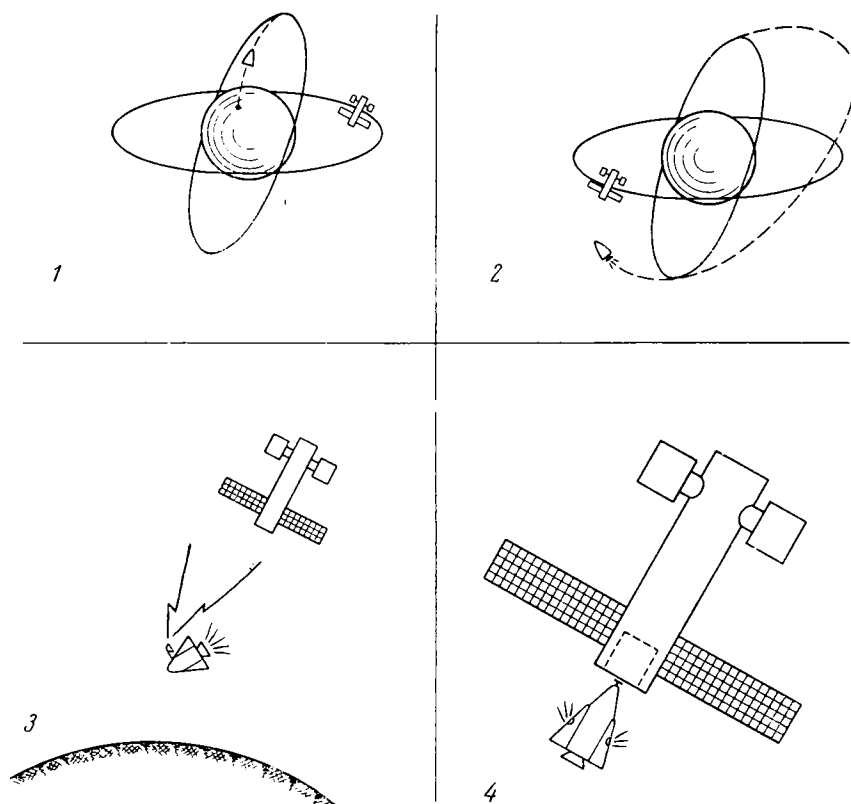
станции дополнительных модулей — автономных блоков, которые, сочленившись со станцией, превращаются в отсеки, — путь к созданию крупных орбитальных баз. И здесь не обойтись без операции встречи.

Чем дольше орбитальная станция существует, т. е. чем выше степень «долговременности», тем большее количество транспортных кораблей придется к ней отправлять. Станет невыгодным использовать каждый корабль и выводящую его ракету только один раз, как это делается сейчас. Необходимо будет создать «многоразовую» транспортную космическую систему, все элементы которой, или хотя бы некоторые из них (например, космический корабль), послужат несколько раз.

Для проведения ряда экспериментов (главным образом астрономических) потребуются отдельные модули (автономные блоки, не связанные же-

* Г. И. Петров. Зачем человечеству завоевание космического пространства. «Земля и Вселенная», № 2, 1969 г.

* К. П. Феоктистов. Развитие советских пилотируемых космических кораблей. «Земля и Вселенная», № 2, 1970 г.



ремещать эти спутники на заданные орбиты или доставлять их на станцию. Дело в том, что сравнительно тяжелые транспортные космические корабли системы «Земля — орбита — Земля», вероятно, нецелесообразно будет применять для столь тонких работ, как обслуживание искусственных спутников Земли. В энергетическом отношении гораздо выгоднее возложить эти задачи на специализированные межорбитальные аппараты, предназначенные для существования лишь в условиях космического пространства и не нуждающихся ни в особо прочной конструкции для выдерживания больших перегрузок, ни в тяжелой теплозащите для прохождения земной атмосферы. Такие специализированные аппараты, выведенные на исходную орбиту транспортным космическим кораблем, станут крейсировать в космосе, выполняя различные задачи, и время от времени возвращаться на базовую станцию, чтобы доставить или взять очередной груз (например, искусственный спутник Земли), для заправки топливом, осмотра или ремонта, для смены экипажа и т. д. Можно пред-

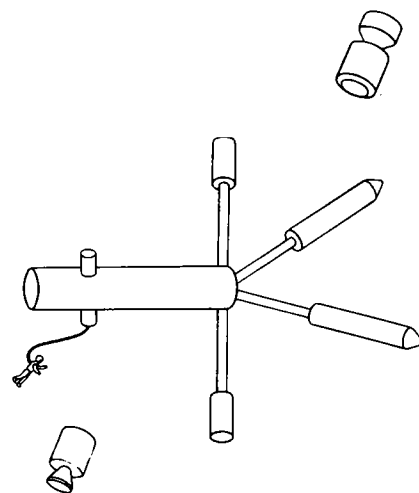
Встреча транспортного космического корабля с орбитальной станцией: 1 — транспортный корабль стартует с поверхности Земли и выводится на начальную орбиту; 2 — транспортный корабль выводится в зону встречи с орбитальной станцией; 3 — после захвата орбитальной станции бортовым координатором корабля (или после взаимного захвата) начинается сближение. Транспортный космический корабль подходит к станции на малое расстояние и одновременно уменьшает относительную скорость; 4 — на этапе причаливания, для осуществления которого используются двигатели малой тяги, транспортный корабль подводится вплотную к стыковочному углу станции и стыкуется с ней

стко со станцией). Если модули расположатся достаточно близко, экипаж станции сумеет обслуживать их, не используя специальные транспортные средства. Для этого космонавту в скафандре, вышедшему через шлюзовую камеру в открытый космос, для маневрирования достаточно «вооружиться» ручным реактивным устройством пистолетного типа.

К удаленному от станции модулю можно добраться на специальной транспортной платформе с двигательными установками для маневри-

рования и навигационным оборудованием. Такие платформы, возможно, получат название межорбитальных транспортных аппаратов. Для встречи и стыковки межорбитального аппарата с автономным модулем потребуются свои специальные методы управления и технические средства.

На межорбитальных транспортных аппаратах — автоматических или пилотируемых — со временем можно будет достигать значительно удаленных от орбитальной станции искусственных спутников Земли, а также пе-



Орбитальная станция, собранная из отдельных блоков. Вблизи станции расположены автономные модули

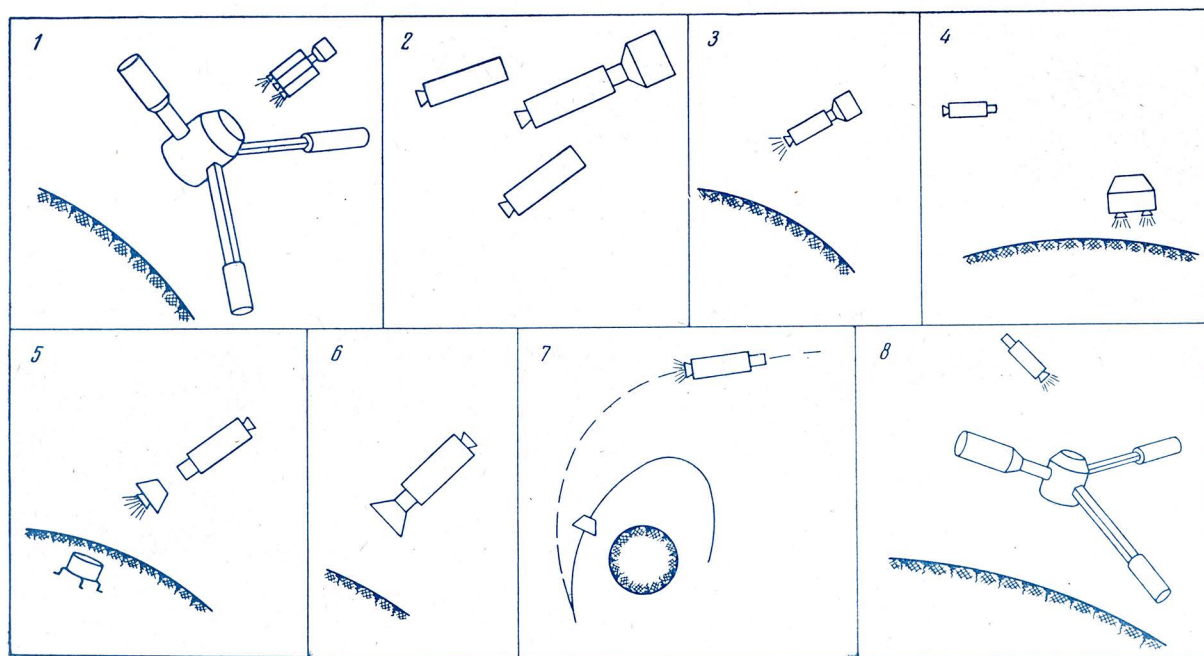
положить, что с развитием космической техники модифицированные транспортные аппараты будут совершать рейсы между околоземными и окололунными станциями и между базами на поверхности Луны.

При сборке и обслуживании орбитальных станций и искусственных спутников, по-видимому, будут использоваться простые, надежные и экономичные методы управления встречей. Продолжительность каждой операции встречи в данном случае не имеет существенного значения. Поскольку между временем перелета и расходом топлива существует, в общем, обратная зависимость, то, увеличивая продолжительность перелета, можно свести расход то-

плива на маневрирование к минимуму и тем самым увеличить полезную нагрузку. Работа навигационной аппаратуры активного космического аппарата — транспортного корабля — значительно упростится, если установить ответное оборудование (радиоответчик, позиционные огни и т. д.) на борту пассивного аппарата — станции или искусственного спутника Земли.

Для создания искусственной силы тяжести (если это окажется необходимым) орбитальная станция должна вращаться. При стыковке транспортного космического корабля с такой станцией придется либо временно остановить вращение станции, либо придать вращение космическому

кораблю (разумеется, с той же угловой скоростью и вокруг той же оси). Другой способ стыковки заключается в том, что вращение придается только части орбитальной станции, а центральный отсек, в котором размещаются шлюзовая камера и причально-стыковочные устройства, остается неподвижным. После стыковки, перехода людей и переноски грузов начинают постепенно раскручивать центральный отсек до тех пор, пока его угловая скорость не сравняется с угловой скоростью станции. Затем экипаж проходит внутрь станции. Вращение центрального отсека прекращается и он подготавливается к последующим операциям стыковки.



Организация межпланетной экспедиции. Межпланетный космический корабль, собираемый на орбитальном стартовом комплексе, состоит из экспедиционного и посадочного отсеков. Последний имеет две ступени — взлетную и посадочную. 1 — космический корабль стартует с орбитального комплекса. Разгон производится специальными возвращаемыми блоками; 2 — корабль выведен на межпланетную траекторию. Разгонные блоки возвращаются на стартовый комплекс; 3 — торможение при подлете к планете; 4 — часть экипажа переходит в посадочный отсек, который отделяется от корабля и совершает посадку на поверхность планеты; 5 — после выполнения необходимых работ на планете исследовательская группа на взлетной ступени встречается с ожидающим ее кораблем. Посадочная ступень остается на планете; 6 — взлетная ступень стыкуется с кораблем. Космонавты переходят в корабль, взлетная ступень сбрасывается, корабль готовится к обратному полету; 7 — космический корабль выходит на траекторию полета к Земле; 8 — при подлете к Земле корабль тормозится и встречается с орбитальным комплексом

ПОЛЕТЫ К ЛУНЕ И ПЛАНЕТАМ

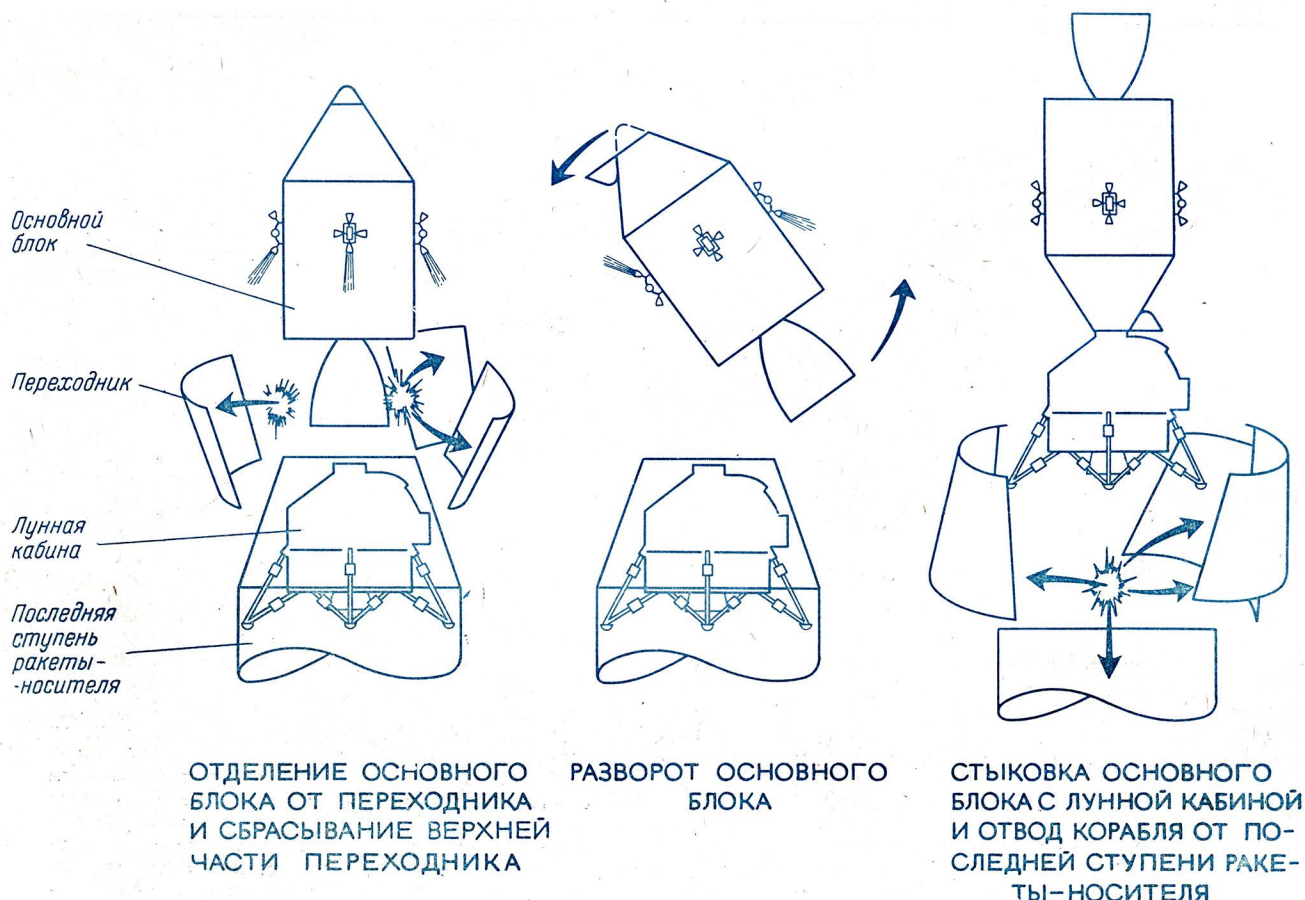
Мощность существующих ракет-носителей недостаточна для того, чтобы вывести на траекторию полета к Луне космический корабль, способный совершить посадку на лунную поверхность и затем вернуться на Землю в первоначальном составе блоков и отсеков. Поэтому приходится составлять космический корабль из блоков или отсеков, используемых для реализации отдельных этапов полета. Такое решение в какой-то степени аналогично разделению ступеней ракеты-носителя. Однако отдельные блоки космического корабля (в отличие от ступеней ракеты-носителя) не всегда отделяются от него сразу и навсегда, поэтому на некоторых этапах

приходится организовывать встречу и стыковку разъединенных ранее блоков. Одним из примеров многоступенчатого космического корабля служит американский корабль «Аполлон». Он состоит из нескольких блоков и целиком выводится на окололунную орбиту. Посадку на Луну производит лишь часть корабля — лунная кабина, которая, в свою очередь, делится на две ступени: посадочную, остающуюся на Луне, и взлетную, которая доставляет двух космонавтов обратно к возвращаемой части корабля, называемой основным блоком. Вход в атмосферу Земли и посадку производит лишь часть основного блока — спускаемый аппарат (командный отсек). Такую схему, ве-

роятно, имеет смысл применять и для межпланетных полетов, если запускается один космический корабль.

Конечно, организовать межпланетную экспедицию можно и по-другому, например, последовательно использовать два космических корабля. Первый направляется к планете, опускается на ее поверхность, и его экипаж выполняет программу исследований. Через некоторое время запускается второй корабль, который «подбирает» космонавтов, стартовавших в строго определенный момент на взлетной ступени с поверхности планеты.

Существует проект одновременной отправки к Марсу двух космических кораблей (на случай аварии одного



Отсеки космического корабля «Аполлон» перестраиваются в полете

из них)*. Некоторые проекты предусматривают запуск автоматических зондов с космических кораблей, приближающихся к планете. Зонды садятся на поверхность, берут пробы грунта и атмосферы, а затем «догонают» основной корабль и встречаются с ним.

По мере возрастания количества и размеров орбитальных станций, часть из них можно использовать в качестве сборочно-стартовых комплексов, где крупные корабли межпланетного класса будут собираться из отдельных отсеков, доставляемых с Земли.

Автоматические межпланетные аппараты небольшого веса можно выводить на заданные траектории межорбитальными транспортными аппаратами, которые после выполнения своей задачи будут возвращаться на орбитальный стартовый комплекс для подготовки к следующему рейсу.

«РАСЧИСТКА» КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

В околоземном пространстве постепенно накапливаются различные «космические отходы»: отработавшие ступени ракет-носителей, головные обтекатели, вышедшие из строя или прекратившие активное существова-

* Д. Ю. Гольдовский. Планы США по исследованию планет с помощью космических аппаратов. «Земля и Вселенная», № 2, 1970 г.

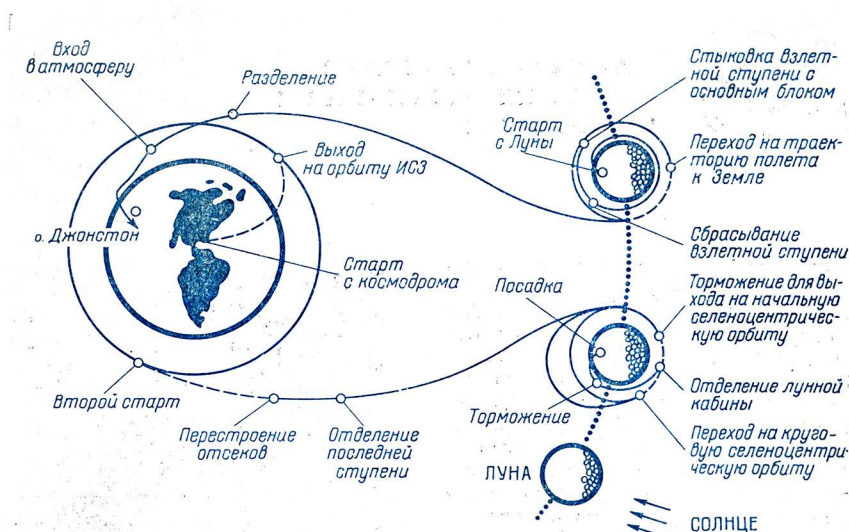


Схема полета космического корабля «Аполлон-11»

ние спутники*. В период интенсивной космической навигации все эти предметы могут превратиться в серьезную опасность для космических кораблей, а при достаточно большой массе — и для землян (зарегистрировано, например, падение частей космического объекта на палубу морского судна). Вероятно, наступит вре-

* В. В. Базыкин. Как растет число искусственных спутников Земли. «Земля и Вселенная», № 1, 1969 г.

мя, когда придется заняться расчисткой орбитальных трасс, используя специальные «космические тральщики». Они будут «сталкивать» ненужные объекты с их орбит на крутые траектории, обеспечивающие вход в атмосферу и сгорание, или доставлять их на орбитальные комплексы для последующего использования. Не исключено, что когда-нибудь мы сможем позволить себе роскошь снять с орбит и доставить в земные музеи несколько старых спутников, запущенных в начале космической эры.

В ПОЛЕТЕ «ВЕНЕРА-8»

27 марта 1972 г. в 7 часов 15 минут по московскому времени в Советском Союзе осуществлен запуск автоматической станции «Венера-8». Станция стартовала с промежуточной орбиты искусственного спутника Земли в 8 часов 42 минуты московского времени; двигатели последней ступени ракеты-носителя проработали 243 секунды и сообщили станции скорость 11,5 км/сек. Вес станции 1180 кг. На борту станции на-

ходятся вымпелы с барельефом Владимира Ильича Ленина и изображением Государственного герба СССР.

Основной задачей нового космического эксперимента, проводимого в соответствии с программой исследования космического пространства и планет Солнечной системы, является продолжение изучения планеты Венера автоматическими станциями. Научная аппаратура станции «Вене-

ра-8» передаст дополнительные сведения о планете. Программой предусмотрено отделение от станции спускаемого аппарата, который во время плавного спуска должен выполнить научные измерения. Во время полета будут проводиться исследования физических характеристик межпланетного пространства.

В июле 1972 г., пролетев 312 млн. км, «Венера-8» должна достигнуть окрестностей планеты.



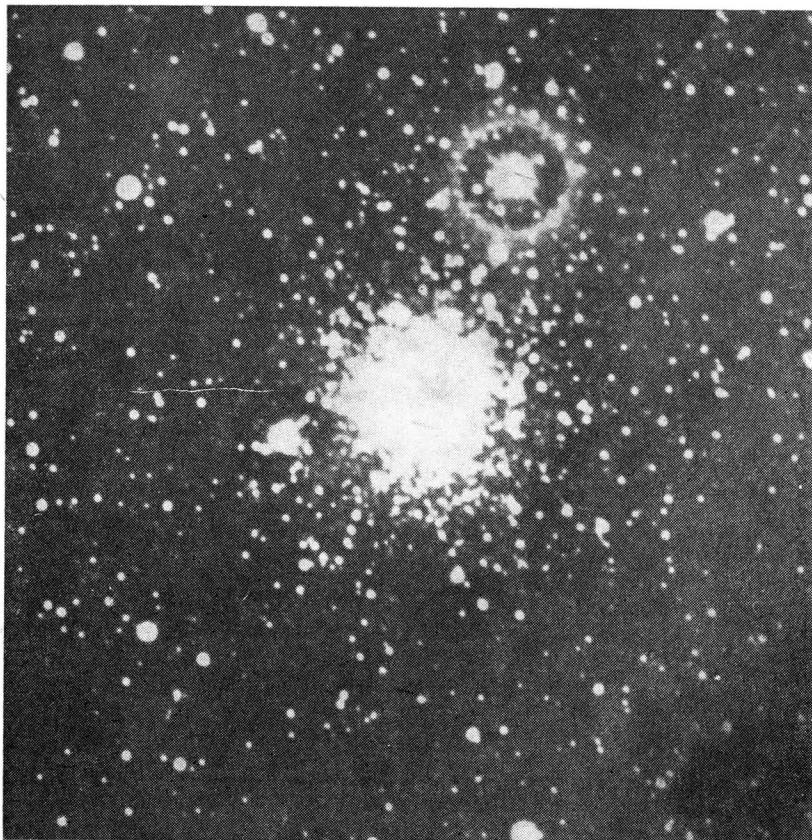
ШАРОВОЕ СКОПЛЕНИЕ ИЛИ БЛИЖАЙШАЯ К НАМ ГАЛАКТИКА?

Фотографируя в инфракрасных лучах центральную область Галактики, французский астроном А. Терзян в 1966 г. обнаружил интересный объект. Он его обозначил Терзян 5. Звездная величина объекта составляет $7^m,44$ на длине волны $0,84 \text{ мк}$ и $2^m,21$ на волне $2,2 \text{ мк}$. Американские астрономы Г. Нейгебауер и Р. Лейтен включили этот объект под номером IRC — 20 385 в свой «Каталог инфракрасных источников».

В мае 1971 г., изучая фотографии Паломарской службы неба, Д. Уорнер и Р. Уинг (США) «наткнулись» на объект, открытый Терзяном. На «голубых» снимках (с предельной величиной слабее 20^m) IRC—20 385 вообще невидим. Если бы подобный объект обнаружили не в направлении на центр Галактики, а на высоких галактических широтах, то его безоговорочно можно было бы причислить к одним из самых красных в Галактике. Однако поглощение в центральной области столь велико, а значит, и столь огромна степень «покраснения», что априори нельзя сказать, действительно ли IRC — 20 385 обладает необычно красным цветом или же это — эффект межзвездного поглощения.

На инфракрасных фотографиях Терзян 5 имеет вид, характерный для шаровых скоплений или эллиптических галактик. Радиус ядра около $0,1$ угловой минуты, а на расстоянии 2 минут от центра плотности падает настолько, что объект сливается с фоном окружающих звезд. Отчетливо видно, что это — огромное скопление звезд компактной формы. Терзян относит его к шаровым скоплениям. Ярчайшие звезды скопления имеют 15-ю величину (длина волны $0,84 \text{ мк}$), звезд не слабее 18-й величины найдено около 1000. Следует учитывать, что это только самые красные звезды, более голубых мы просто не видим из-за гигантского межзвездного покраснения. По обилию звезд Терзян 5 не уступает самым богатым шаровым звездным скоплениям, а может быть, и превосходит их.

Американский астроном Дж. Рэй, изучавший объект Терзян 5, считает его шаровым скоплением, расположенным на расстоянии 8—10 кпс от Солнца, т. е. в области галактиче-



Инфракрасная фотография объекта IRC — 20 385 получена американским астрономом Х. Спинрадом на 3-метровом рефлекторе Ликской обсерватории. Север — вверх. (Фотография заимствована из журнала «Sky and Telescope», 42, 5, 1971)

ского центра. Существует и другое мнение: объект Терзян 5 — ближайший спутник нашей Галактики, удаленный от нее на 30 кпс. (Два других спутника Галактики — Большое и Малое Магеллановы Облака — находятся на расстоянии 42 и 47 кпс.) Если окажется верной

первая гипотеза, нам станет известно самое богатое звездами шаровое скопление Галактики, если же подтвердится вторая гипотеза, то значит, наша Галактика имеет еще одного спутника.

М. С. ФРОЛОВ
кандидат физико-математических наук

А. Г. ДОРОШКЕВИЧ
кандидат физико-математических наук

И. Д. НОВИКОВ
доктор физико-математических наук

Р. А. СЮНЯЕВ
кандидат физико-математических наук

Прошлое Вселенной и гелий

Исследуя химический состав вещества Вселенной, ученые пытаются воссоздать ее далекое прошлое.

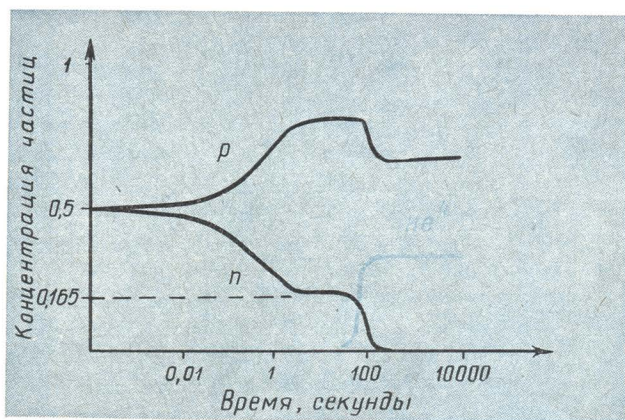
Окружающий нас мир расширяется. Далекие звездные системы — галактики — удаляются друг от друга и от нашей Галактики. Скорость удаления тем больше, чем дальше они расположены от нас.

Согласно теории расширяющейся Вселенной, 10 млрд. лет назад плотность вещества была настолько велика, что отдельные звезды и галактики существовать не могли. Вещество распределялось в пространстве равномерно. Еще раньше плотность материи намного превосходила плотность атомного ядра. Момент, когда плотность вещества была бесконечно большой, теоретики-астрофизики обычно принимают за начало отсчета времени — за нуль времени. Разумеется, такая условность ни в коей мере не означает, что до этого момента ничего не было (точно так же, как отсчет времени от полуночи не означает, что не существовало вчерашнего дня), хотя мы пока и не знаем конкретно, что было «вчера» в нашей Вселенной. И прежде чем пытаться это выяснить, необходимо установить, как протекало расширение мира в первые доли секунды, когда плотность вещества была огромной.

Важнейшую информацию о прошлом Вселенной астрофизикам принесло открытие в 1965 г. электромагнитного излучения на сантиметровых волнах. Его интенсивность во всех направлениях одинакова, а спектр соответствует излучению абсолютно черного тела с температурой $2,7^\circ\text{K}$. Как показывают расчеты, это излучение не может возникнуть в каких-либо источниках, оно существовало до появления звезд и галактик. Излучение расширяется вместе с веществом и остывает. В прошлом температура излучения была очень высокой. На ранних стадиях расширения вещество непрозрачно для излучения и температура вещества совпадает с температурой излучения. Следовательно, температура вещества была высокой и Вселенная — горячей. В горячем плотном веществе в первые сто секунд после начала расширения протекали процессы, определившие химический состав дозвездного вещества. Что может рассказать о далеком прошлом Вселенной современный химический состав ее вещества?

СИНТЕЗ ЭЛЕМЕНТОВ

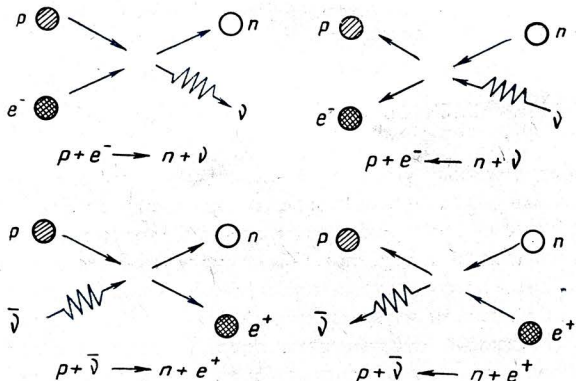
Предположим, что Вселенная с самого начала расширялась во все стороны с одинаковой скоростью (изотропное расширение), как это наблюдается и сейчас, спустя 10 млрд. лет. Тогда уравнения тяготения позволяют получить темп расширения, скорость уменьшения плотности и температуры со временем. Используя эти данные, рассчитывают ядерные реакции в расширяющейся горячей плазме, а значит, и окончательный химический состав дозвездного вещества.



Изменение концентрации протонов (p), нейтронов (n) и гелия-4 в расширяющейся Вселенной. По мере понижения температуры, протонов становится все больше, а нейтронов — меньше. Спустя примерно 100 секунд после начала расширения все нейтроны захватываются протонами и начинается образование гелия и других сложных ядер

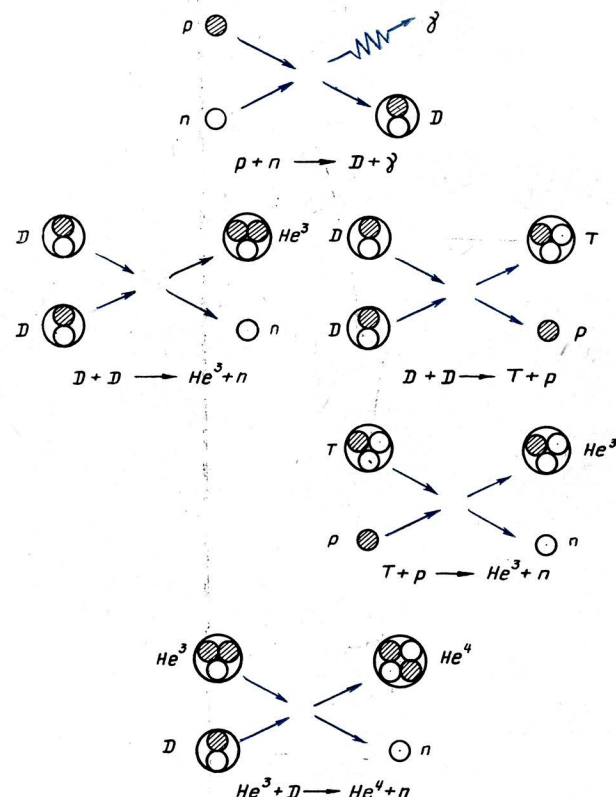
Спустя одну секунду с начала расширения температура Вселенной превышала 10 млрд. градусов. Вещество состояло из нейтронов и протонов. Никакие сложные ядра существовать не могли, их бы моментально разбили кванты света большой энергии. Отметим, что при более высоких температурах в равновесии с излучением находились пары частиц и античастиц — протоны и антипротоны, нейтроны и антинейтроны, различные виды гиперонов и мезонов. Когда температура снизилась до 10 млрд. градусов, от всего изобилия элементарных частиц, помимо квантов электромагнитного излучения, остались лишь электронно-позитронные пары (e^- , e^+), нейтрино (ν) и антинейтрино ($\bar{\nu}$). В этом «океане» легких частиц встречались протоны и нейтроны. Их было в 100 млн. раз меньше, чем легких частиц.

Легкие частицы, взаимодействуя с нейтронами (n) и протонами (p), заставляют их быстро превращаться друг в друга:



Так устанавливается равновесие между нейтронами и протонами. При высоких температурах их концентрации будут примерно равны. С понижением температуры становится все больше протонов и меньше нейтронов. Это происходит потому, что масса нейтрона превосходит массу протона, следовательно, вероятность образования протона при взаимодействии частиц больше. Если бы равновесие между протонами и нейтронами поддерживалось и далее, то через несколько десятков секунд после начала расширения количество нейтронов стало бы ничтожным. Однако этого не происходит. Дело в том, что с убыванием температуры уменьшается скорость реакций нейтронов и протонов с электронами, позитронами и нейтрино. Реакции прекращаются после первых секунд расширения и относительное содержание нейтронов «застывает» на значении 0,165.

При более низкой температуре возможно образование сложных ядер, так как «остывшие» кванты света уже не в состоянии их разбить. Все нейтроны захватываются протонами:



Цепочка ядерных реакций заканчивается образованием ядер атома гелия-4. Появляется также очень небольшое количество гелия-3, дейтерия и лития. Более сложные ядра в этих условиях практически не образуются.

Почти все нейтроны вошли в состав ядер атомов гелия. Так как в каждом ядре гелия-4 два протона и два нейтрона, то нетрудно подсчитать, что при относительном содержании нейтронов 0,165 образуется 30% гелия-4 по весу и 70% протонов — ядер атома водорода. Такой химический состав вещества остается неизменным на протяжении миллиардов лет, вплоть до появления галактик и звезд, когда синтез элементов начинается в недрах звезд.

ЧТО ВЛИЯЛО НА СОСТАВ ДОЗВЕЗДНОГО ВЕЩЕСТВА?

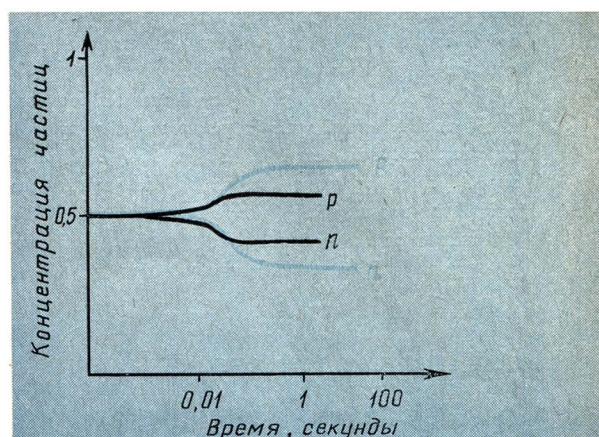
Достаточно сделать простейшие предположения о физических условиях в первые секунды расширения, чтобы в дозвездном веществе получить содержание гелия 30%. Отметим, что в этих физических условиях нет ничего выходящего за рамки современной физики. Плотность протонов и нейтронов лишь в несколько десятков раз превышает плотность земной атмосферы, но температура и плотность квантов, которых в 100 млн. раз больше, чем протонов и нейтронов, огромны.

Реакции, определяющие содержание гелия-4, особенно чувствительны к скорости падения температуры. Если температура изменяется быстро, то прекращение реакций взаимопревращения нейтронов и протонов («застывание») произойдет раньше, когда нейтронов больше. Потом все нейтроны захватятся протонами и количество гелия будет больше 30%. Если «застывание» произойдет в момент 0,1 секунды, то вещество будет состоять целиком из гелия. Если же «застывание» наступит позже, скажем лишь к сотой секунде, то гелия практически не будет совсем.

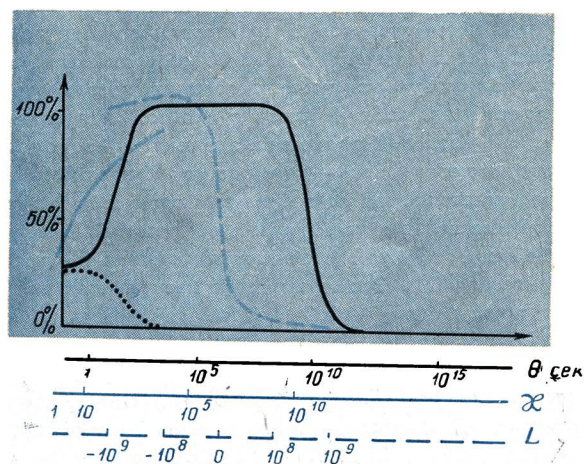
На скорость изменения температуры со временем могли влиять разные факторы. Например, тяготение неизвестных частиц, возможно, существующих в природе, но слабо взаимодействующих с другими и потому еще не открытых в лабораториях физиков; резкая анизотропия ранних стадий расширения Вселенной; движение вещества.

Химический состав дозвездного вещества мог измениться, если имелся избыток нейтрино или антинейтрино. Эти частицы влияют на взаимное превращение нейтронов и протонов, увеличивая количество тех или дру-

Содержание гелия-4 в дозвездном веществе. Сплошная черная линия — количество гелия при анизотропном начале расширения Вселенной. По горизонтали отложен момент θ , когда расширение перестает быть анизотропным. Если к тому же вещество во Вселенной движется, то расширение происходит настолько медленно, что гелий почти не образуется (точки). Синяя линия соответствует содержанию гелия в зависимости от количества неизвестных. χ — отношение концентрации неизвестных частиц к сумме концентраций известных. Пунктирная линия — содержание гелия при избыточном количестве нейтрино ($L > 0$) или антинейтрино ($L < 0$), L — отношение разности концентрации нейтрино и антинейтрино к концентрации тяжелых частиц.



Изменение концентрации протонов (p) и нейтронов (n) в течение первых секунд расширения Вселенной. Если «застывание» процессов взаимопревращения нейтронов и протонов произойдет через 0,1 секунды после начала расширения (черные линии), то дозвездное вещество будет состоять только из гелия. Если же «застывание» произойдет спустя 100 секунд (синие линии), то гелия в дозвездном веществе практически не будет



гих. Большое количество нейтрино привело бы к избытку протонов. В этом случае дозвездное вещество состояло бы только из водорода.

Таким образом, при произвольном выборе начальных условий наиболее вероятное содержание гелия в дозвездном веществе 0, 30 и 100%. Промежуточные значения, в принципе, хотя и возможны, но требуют специального подбора условий.

Позволяют ли наблюдения сделать выбор между вариантами: 0, 30 или 100% гелия?

СКОЛЬКО ГЕЛИЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ?

Расцвет атомной спектроскопии и спектральной астрофизики в середине прошлого века привел к обнаружению на Солнце, в звездах и туманностях большинства элементов, входящих в таблицу Менделеева. В 1868 г. французский астроном Ж. Жансен и англичанин Н. Локьер нашли в спектре Солнца линии неизвестного элемента, который назвали гелием.

Гелий был обнаружен и на Земле, и в спектрах многих горячих космических тел. Однако открыть одну или несколько линий какого-либо элемента и даже определить их интенсивность еще недостаточно для того, чтобы сказать, насколько обилен этот элемент. Иногда распространенный элемент дает слабые линии, а редкий — сильные. Интенсивность излучения и поглощения тех или иных линий зависит не только от количества данного элемента, но и от температуры среды, плотности, спектра ионизирующего излучения и т. п. Гелий, несмотря на свою распространенность, труднонаблюдаемый элемент. Его атом и ион He^+ имеют очень высокий потенциал ионизации (соответственно, вдвое и вчетверо превышающий потенциал ионизации водорода). Почти также высок у гелия и потенциал возбуждения первых возбужденных уровней. Поэтому в спектрах сравнительно холодных звезд (и, в частности, в фотосфере Солнца) гелий не наблюдается. Лишь в горячих областях солнечной хромосферы с температурой в десятки тысяч градусов, в спектрах массивных горячих звезд и в мощных облаках газа, ионизованного ультрафиолетовым излучением горячих звезд, линии гелия проявляют себя достаточно сильно. Зная из анализа линий легконаблюдаемых элементов — водорода, кислорода, неона, азота — температуру и плотность вещества, удается, правда, с большой ошибкой, определить обилие гелия в космических объектах. В абсолютном большинстве случаев обилие гелия превышает 30% и равняется 48%. Это сразу отвергает последнее из магических значений — 100%. Остается сделать выбор между 0 и 30%.

В последнее десятилетие на космических станциях исследовался химический (и изотопный) состав космических лучей и частиц солнечного ветра. Ответ тот же — гелия около 25%. Пытаясь определить содержа-

ние гелия во Вселенной, астрономы изучали радиорекомбинационные линии, испускаемые ионизованным газом в туманностях. При рекомбинации электрон может попасть на высоковозбужденный уровень атома или иона. Для высоковозбужденных атомов длины волн квантов, излучаемых при переходах электрона между близкими (например, со сто первого на сотый) уровнями, лежат в радиодиапазоне. Чувствительность приемной радиоаппаратуры очень высока, и такие радиолинии зарегистрированы во многих туманностях. Этот метод исследования межзвездной среды, предложенный советским астрофизиком Н. С. Кардашевым, оказался очень эффективным и для определения химического обилия газа в туманностях. Для гелия получено значение, близкое к 30%.

Казалось бы, вопрос решается в пользу 30%-ного содержания гелия. Но нельзя забывать и о том, что примерно 20% межзвездного газа прошло переработку в звездах, большинство из которых светит за счет сгорания водорода и синтеза гелия. К тому же в спектрах некоторых звезд наблюдается низкое (много меньше 10%) обилие гелия. Правда, таких звезд мало. Возможно, атомы гелия и других тяжелых элементов были разбиты в бурных процессах на поверхности звезд.

Надежные данные о количестве первичного гелия можно было бы получить, изучая межгалактический газ — вещество, не вошедшее в галактики и не переработанное в звездах. К сожалению, этот газ (плотность его должна быть крайне низка — 10 атомов в кубическом метре) недоступен для наблюдений при современном уровне развития техники. По-видимому, дальнейший прогресс внеатмосферных ультрафиолетовых и рентгеновских исследований позволит обнаружить межгалактический газ и определить его химический состав. Пока же на вопрос о первичном обилии гелия нет однозначного ответа. За вариант с 30% гелия — наблюдения большинства звезд и туманностей в нашей и других галактиках. Кроме того, при современной светимости Галактики (а светимость определяется скоростью синтеза гелия в звездах) за все время ее жизни (10 млрд. лет) в гелий могло превратиться меньше 1% вещества Галактики, а наблюдается в среднем 30%-ное обилие гелия. Против этого варианта — неопределенность последней оценки, возможность более бурных процессов в Галактике в прошлом и прямые наблюдения звезд с низким (меньше 10%) обилием гелия.

Не оправдались и надежды на получение ценной информации о химическом составе первичного вещества (и о ранней Вселенной) из наблюдений дейтерия и гелия-3. Эти изотопы имеют радиолинии, аналогичные известной линии нейтрального водорода с длиной волны 21 см — главному инструменту изучения водорода в межзвездной среде. Только длина волны радиолинии дейтерия равна 90 см, а радиолинии однократно ионизованного гелия-3 — 3,5 см. Дейтерий в межзвездной среде не обнаружен до сих пор, наблюдения же радиолинии гелия-3, на важность которых было впервые ука-



Газовая туманность M 17 («Омега») в созвездии Стрельца. В этой туманности американские радиоастрономы измеряли содержание гелия-3

зано авторами статьи, как будто бы увенчались успехом: американские радиоастрономы обнаружили гелий-3 в газовой туманности. По их оценкам содержание гелия-3 в туманности не более $4 \cdot 10^{-3}\%$. Эта величина превышает ожидаемое первичное обилие и, вернее всего, объясняется синтезом гелия-3 в звездах.

Нам известны пока лишь верхние границы обилия гелия-4 (30%) и гелия-3 ($4 \cdot 10^{-3}\%$) во Вселенной. Но уже и эта информация позволяет отбросить ряд вариантов ранней эволюции Вселенной, ограничив круг воз-

можных теоретических моделей. Наблюдения не согласуются с предположением об избытке во Вселенной антинейтрино, сильной анизотропии расширения Вселенной на ранних стадиях (без движения вещества), ее неоднородности и т. д., противоречат наличию большого числа слабо взаимодействующих частиц с нулевой массой. Если удастся, изучая межгалактический газ, точно установить химический состав первичного вещества, то наши сведения о ранней Вселенной существенно обогатятся.

Ю. Н. ЕФРЕМОВ
кандидат физико-математических наук

Неправильная галактика Местной системы

Немало загадок таит в себе крошечная галактика IC 1613. Известный американский астроном Вальтер Бааде посвятил ее исследованию многие годы и только в 1971 г. Аллан Сендидж завершил начатую Бааде работу.

В Местной системе галактик, включающей два десятка членов, только три гигантские галактики — туманность Андромеды, наша Галактика и туманность в созвездии Треугольника. К гигантским галактикам можно отнести и Большое Магелланово Облако. Остальные члены Местной группы — карлики, и самая маленькая среди них — неправильная галактика IC 1613.

С 1928 г. и до конца своей жизни (1960 г.) Вальтер Бааде неустанно исследовал эту галактику. И хотя существенные результаты были получены им еще в 30-х годах, Бааде их не публиковал, и лишь в небольшой главе своей книги «Эволюция звезд и галактик» коротко рассказал о некоторых из них.

В 1928 г. Бааде разрешил галактику на звезды, ярчайшие из которых имеют 17-ю величину. В 1932—1937 гг. он систематически фотографировал IC 1613 на 100-дюймовом рефлекторе и открыл в галактике 60 переменных звезд. Половина из них оказалась цефеидами. Это — звезды-сверхгиганты, видимые с громадных расстояний. Бааде определил периоды цефеид и построил для них зависимость период — светимость. Как известно, эта зависимость делает цефеиды наиболее надежным индикатором расстояния. Период цефеид легко определяется при достаточно большом количестве измерений блеска, а сравнивая светимость — абсолютную звездную величину — и видимую величину, можно получить расстояние.

С помощью 5-метрового телескопа можно наблюдать цефеиды в тридцати галактиках, но трудоемкие исследования цефеид, начатые Э. Хабблом еще в 20-х годах, продвигаются очень медленно. IC 1613 стала седьмой галактикой, в которой они изучены.

Оказалось, что зависимость период — светимость для цефеид IC 1613 имеет очень малый наклон.

Вероятно, по этой причине Бааде не торопился с публикацией. Он продолжал уточнять шкалу звездных величин, но закончили эту работу лишь в 1963 г. его сотрудники. И только в мае 1971 г. Аллан Сендидж опубликовал результаты исследований IC 1613, основанных на пластинках, которые получил Бааде, его оценках блеска переменных звезд и уточненной Сендиджем шкале звездных величин*.

Эта галактика интересовала Бааде, прежде всего, потому, что межзвездное поглощение внутри нее и на пути к ней в пределах нашей Галактики очень мало. Следовательно, форма зависимости период — светимость и дисперсия вокруг ее средней линии будут определяться лишь особенностями самих цефеид.

Для 24 цефеид Сендидж построил кривые блеска в новой шкале звездных величин. Периоды этих звезд заключены между 146,35 и 2,87 дня. Период 146 дней необычно велик для цефеиды, лишь одна звезда в Малом Магеллановом Облаке (HV 1956, период 210 дней) и одна в туманности Андромеды (H 42, 176,7 дня) имеют большие периоды. Принадлежит ли звезда к цефеидам? Этот вопрос немало занимал Бааде. Амплитуда, светимость, форма кривой блеска и ее стабильность согласуются с классификацией звезды как цефеиды. Экспонируя 14 часов (блеск звезды 17^m,5), Бааде смог получить ее спектр, который, по мнению А. Джоя, относится к cK 2. По линиям водорода М. Хьюмассон классифицировал звезду как F5—G, а «хорошо известно», — заключает Бааде, — что в максимуме блеска цефеиды имеют аномально сильные линии водорода и по ним получается примерно на 8 подклассов более ранний спектр, чем по

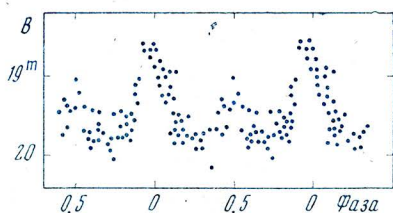
* «Astrophysical Journal», 166, 1, 1971.

металлическим линиям. Итак, во всех отношениях звезда ведет себя, как цефеида...».

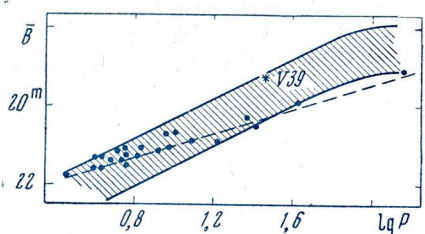
Еще одна переменная звезда V 39 вызвала пристальный интерес Бааде. Ее период составляет 28,7 дня. «Я никогда еще не встречал таких зверей», — восклицает Бааде. В самом деле, кривая блеска этой переменной выглядит как перевернутая кривая блеска звезды типа β Лиры. Симметричная кривая блеска со вторичным максимумом при фазе 0,5 никогда не наблюдалась у цефеид. Кроме того, звезда несколько ярче, чем обычные цефеиды того же периода, и очень красная. По-видимому, последнее замечание Бааде усложняло от внимания Сендиджа, которому очень хочется, чтобы звезда была цефеидой. Многочисленные попытки получить другой период (с которым, может быть, удалось бы вывести и более разумную кривую блеска) не увенчались успехом.

Когда астрономы не могут объяснить кривую блеска периодической звезды, они вспоминают о ее вращении. Действительно, вращение холодной звезды с горячими пятнами может дать кривую, похожую на кривую блеска V 39. Правда, тогда вторичный максимум вовсе не обязан быть посередине между главными, но это может быть случайностью. Бааде отмечал большой разброс точек вокруг этого максимума. Во всяком случае, кривая блеска загадочной звезды в IC 1613 несколько напоминает кривую недавно обнаруженной в галактике переменной НК Лас с периодом 25 дней. Ее переменность объясняют вращением холодной звезды с горячим пятном.

Зависимость период — светимость, построенная Сендиджем, весьма необычна: слишком мала дисперсия зависимости и слишком мал ее наклон. А. Сендидж и Г. Тамманн недавно показали, что данные о цефеидах в туманности Андромеды, в Большом и Малом Магеллановых Облаках и в галактике NGC 6822 можно представить зависимостью период — светимость с одинаковым наклоном, существенно большим, чем для IC 1613. Если малый наклон зависимости для



Кривая блеска переменной звезды V 39. Период ее равен 28,720 дня. Фаза изменения блеска указана в долях периода



Зависимость период — светимость для цефеид галактики IC 1613 (в синих лучах). Звездочкой отмечена переменная V 39, принадлежность которой к цефеидам сомнительна. Пунктиром показана зависимость, построенная Бааде. Она представляется формулой $B = -1,518 \lg P + 22,422$. Заштрихованная полоса — зависимость период — светимость, полученная Сендиджем и Тамманном. Ее наклон (коэффициент при $\lg P$) близок к $-2,8$. По мнению Сендиджа, различие двух зависимостей можно объяснить наблюдательной селекцией. Не исключено, однако, что блеск цефеид максимальных периодов ослаблен поглощением

IC 1613 реален, то получается, что даже в галактиках одного типа светимость цефеид одинакового периода может быть различной, и цефеиды становятся плохим критерием расстояния.

Сендидж считает обе особенности следствием наблюдательной селекции и малого количества звезд. В IC 1613 есть дюжина звезд с перио-

дом 2—9 дней, которые не учитывались при построении зависимости период — светимость, ибо в минимуме они слабее звезд, предельных для пластинок. А эти звезды увеличат дисперсию и несколько увеличат наклон зависимости. Нанеся на диаграмму период — светимость звезду V 39, Сендидж совмещает зависимость период — светимость, построенную Сендиджем и Тамманном, с зависимостью для IC 1613 и получает модуль расстояния 24,60.

Интерпретация Сендиджа не представляется убедительной. Уже говорилось, что V 39 трудно считать цефеидой. Отсутствие звезд с большим периодом у верхнего края полосы зависимости период — светимость нельзя объяснить наблюдательной селекцией.

Можно предложить такую интерпретацию. Бааде отмечает, что обе цефеиды с максимальными периодами 146 и 40 дней находятся в сверхассоциации, богатой голубыми сверхгигантами и областями ионизованного водорода. Подсчеты звезд, как он пишет, показывают, что область близ ее центра еще совершенно непрозрачна. Хотя галактика в среднем прозрачна, цефеиды больших периодов, вероятно, расположены в областях с сильным поглощением, которое существенно ослабило их блеск, что и привело к малому наклону зависимости период — светимость. Предположение можно будет проверить, когда станут известны показатели цвета этих звезд. А до тех пор вопрос остается открытым.

Сверхассоциация сама по себе очень интересна. Ее диаметр 460 пс, находится она в северо-восточной части галактики и содержит почти все ее голубые звезды. «Я просто не мог понять», — пишет Бааде, — как господь ухитрился загнать все голубые звезды высокой светимости в один угол». На снимках в красных лучах вся эта область покрыта налагающимися друг на друга кольцами ионизованного водорода. В этих огромных перекрывающихся эмиссионных туманностях, как считает Бааде, продолжается звездообразование. В сверхассоциации нет красных сверх-

гигантов, что свидетельствует о ее молодости. Рядом с цефеидой, период которой равен 146 дням, в сверхассоциации видна ярчайшая голубая звезда (17-й величины) галактики. Абсолютная величина звезды меньше, чем в галактиках большей светимости. Ярчайшая красная звезда, напротив, имеет ту же самую све-

тимность, что и красные сверхгиганты в других галактиках.

Слабые звезды II типа населения равномерно распределены в эллиптической области размером 5600×4500 пс, что вдвое больше размера IC 1613, определяемого по ярким звездам. Неправильные контуры галактики создаются только яркими

молодыми звездами, образовавшимися там, где еще сохранились газ и пыль. Любопытной особенностью IC 1613 является полное отсутствие звездных скоплений. В таких неправильных галактиках, как Магеллановы Облака,— их многие сотни. Изучение этой странной галактики, несомненно, будет продолжено.



СКОЛЬКО НОВЫХ ЗВЕЗД ВСПЫХИВАЕТ В ТУМАННОСТИ АНДРОМЕДЫ И ГАЛАКТИКЕ?

Новые звезды вспыхивают в галактиках разных типов не одинаково часто. Поэтому частота вспышек Новых звезд может служить критерием для определения морфологического типа звездных систем и, особенно, нашей Галактики. Ведь мы лишены возможности изучить ее структуру в целом и вынуждены ограничиваться данными лишь об окрестностях Солнца.

Советский астроном А. С. Шаров исследовал подсистему Новых звезд в туманности Андромеды. До А. С. Шарова частоту вспышек Новых звезд в галактике оценивали Э. Хаббл, Л. Розино и особенно тщательно Х. Арп. Однако Арп вел поиски Новых звезд только в центральной области галактики, не далее $40'$ от ее центра. (Размеры туманности Андромеды, согласно фотозлектрическим измерениям Ж. Вокулера, $260 \times 75'$.) А. С. Шарову удалось проследить подсистему Новых звезд до расстояния $140'$ от центра. Он установил, что ежегодно в этой галактике вспыхивает 31 Новая звезда.

Если считать, что строение подсистемы Новых звезд в нашей Галактике такое же, как в туманности Андромеды, то в Галактике должно вспыхивать 260 Новых в год. Основываясь на этих данных, А. С. Шаров относит нашу Галактику к типу Sb. Это — спиральные галактики с хорошо развитыми ветвями.

«Астрономический журнал», 49, 1, 1972.

РАДИОЯДРА ГАЛАКТИК

До недавнего времени наши знания о радиоизлучении нормальных галактик ограничивались угловыми размерами примерно ста объектов и картами радиояркости нескольких спиральных галактик. Первые детальные радиокарты 54 спиральных и неправильных галактик составил французский радиоастроном Ж. Леке. Согласно этим наблюдениям, нормальная галактика включает компактное ядро, погруженное в протяженный радиоизлучающий диск. 40% исследованных Леке галактик обладают радиоядром, диаметр которого равен 0,2 диаметра оптического ядра. Интересно, что у галактик с радиоядром обнаружены в центральной области оптические аномалии: ядро резко очерчено, имеет необычный цвет и сильные эмиссионные линии в спектре.

Внимание исследователей к галактическим ядрам особенно возросло после того, как было высказано предположение о сходстве явлений в квазарах, радиогалактиках и ядрах галактик Сейферта. Не исключено, что сейфертовская галактика — активная стадия, которую проходят многие галактики.

Голландский радиоастроном П. ван дер Круйт изучил центральные области 9 сейфертовских и 10 спиральных галактик. Все сейфертовские галактики имеют точечный радиоисточник, совпадающий с оптическим ядром. Только три спиральные галактики оказались доступными для наблюдений на волне 21 см. Ядро галактики NGC 3726 состоит из двух компонентов, симметричных относительно оптически-

го ядра. У NGC 4736 — трехкомпонентное ядро: сильный центральный компонент совпадает с оптическим ядром.

«Astronomy and Astrophysics», 15, 1, 1971.

В ЧЕМ ПРИЧИНА СКАЧКООБРАЗНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРИОДА У ПУЛЬСАРОВ?

Пульсары не такие уж «точные часы», как это поначалу казалось. В 1969 г. два самых короткопериодических пульсара PSR 0833 в созвездии Парусов и NP 0532 в Крабовидной туманности скачком уменьшили свой период. В июле 1971 г., спустя 2,5 года, пульсар в Парусах вновь резко замедлил «ход». У пульсара в Крабовидной туманности обнаружены небольшие скачкообразные изменения периода как увеличивающие, так и уменьшающие его длительность.

Большинство астрономов связывают скачки периода пульсаров со «звездотрясениями» — перестройкой внутренней структуры пульсара. Однако американские астрономы Дж. Скаргл и Ф. Пачини предлагают иное объяснение. Скачкообразные изменения периода вызываются мощными выбросами плазмы из магнитосферы пульсара. После каждого выброса магнитосфера вновь заполняется плазмой. Эта гипотеза, как будто, не противоречит наблюдениям: в окрестности пульсара NP 0532 уже давно зарегистрировано появление периодических сгущений плазмы.

«Nature. Physical Science», 232, 33, 1971.

Ю. М. ШЕЙНМАНН
доктор геолого-минералогических наук

Калий и развитие земной коры

Земная кора континентов и океанов различна. Под континентами накоплены огромные количества калия. Откуда он? Какими процессами вынесен из тысячекилометровой глубины? Почему калия нет под океанами?

Давно отброшено представление о том, что разница между океаническими и материковыми районами только в высоте: океаны — область опусканий, а континенты — поднятий. Сейчас известно: вещество, слагающее материки, менее плотно, чем вещество под океанами, более того, в целом континенты и океаны уравновешены, как уравновешены айсберги и ледяные поля в воде. Мы знаем, что различаются не только плотности земной коры под материком и океаном, но и ее химический состав. В континентальной коре больше легких минералов, содержащих, в частности, больше кремнезема (SiO_2) и щелочей (Na и K), а в океанической — больше тяжелых минералов, кальция, магния и железа. Особенно велика разница в содержании калия — в океанической коре его примерно в 8 раз меньше, чем в коре материков. Чтобы разобраться в возможных причинах такого различия, нужно обратиться к истории Земли.

Согласно современной космогонии, Земля никогда не расплавлялась целиком*. В результате разогрева расплавлялись лишь наиболее легкоплавкие вещества мантии, и жидкость выжималась к поверхности. Процесс плавления осложнялся выносом некоторых веществ струями газа и водяного пара.

Если мы хотим понять, почему существует земная кора двух типов, мы должны прежде всего представить, как отделялось коровое вещество от мантии и что осталось на глубине вместо первичной мантии.

Состав коры нам известен. А вот каков состав мантии?

МАНТИЯ ЗЕМЛИ

В настоящее время все гипотезы о преобладающем или «среднем» составе первичной мантии сводятся к трем:

состав мантии сходен с составом каменных метеоритов-хондритов;

состав мантии соответствует выносимой из глубин породе — гранатовому перидотиту;

мантия состоит из некоего гипотетического вещества — «пиролита», в общем сходного с двумя остальными. Такая мантия предложена австралийским геофизиком А. Э. Рингвудом и является смесью 3—4 частей перидотита и 1 части базальта.

В этих веществах — если сравнивать их с океанической корой — много магния, частично железа и мало щелочей, алюминия, калия, кремния. Сейчас мы знаем, что мантия неоднородна и от места к месту несколько меняет свои физические свойства. Вероятно, меняется в какой-то мере и состав, но об этом можно только догадываться и в первом приближении этими изменениями пренебречь.

Можно было думать, что изменение земной коры отражает разный состав первичной мантии на глубине. Однако вряд ли такой подход окажется плодотворным. Надо идти в другом направлении — пытаться искать условия, когда в недрах Земли возникают такие процессы, которые приводят к появлению различных продуктов из однородного вещества.

МАНТИЯ И ЗЕМНАЯ КОРА

Попытаемся рассчитать, как выделялась кора из мантии. Для этого, прежде всего, должны быть известны состав коры, средний состав мантии (точнее, верхней мантии) и масса коры. Тогда все сводится к арифметике. Зная массу коры, мы можем

* Б. Ю. Левин. Происхождение Земли. «Земля и Вселенная», № 6, 1971 г.; А. А. Ярошевский. Образование земной коры и процессы в мантии. «Земля и Вселенная», № 1, 1972 г.

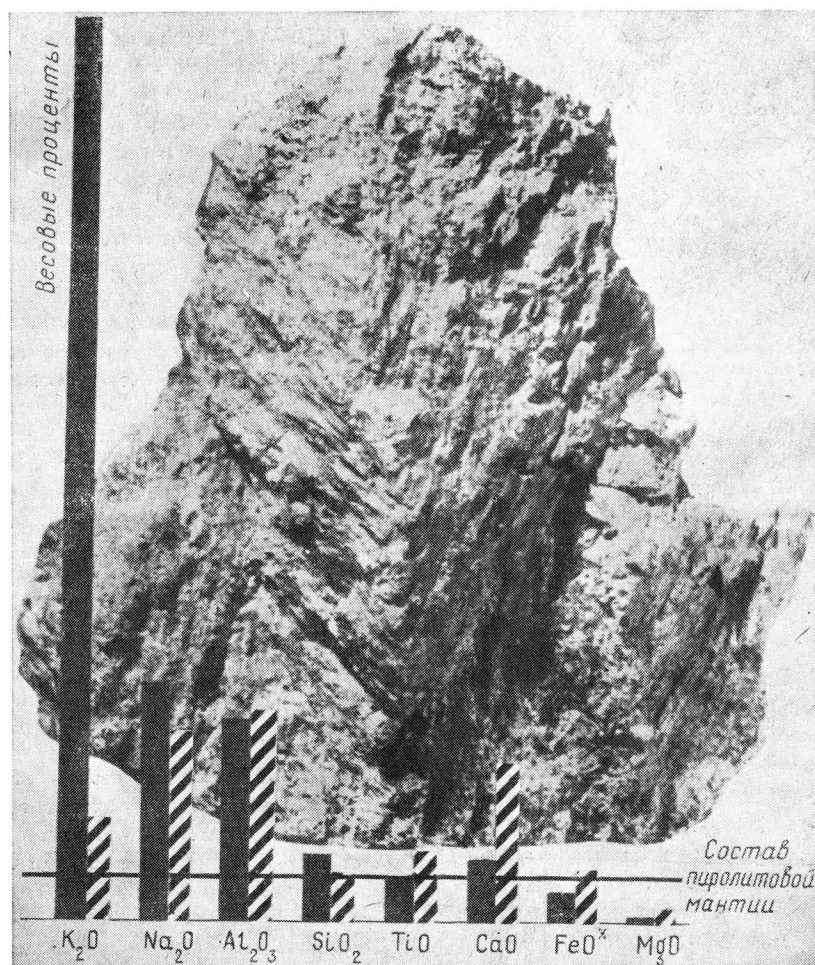
мысленно изъять составляющие ее элементы из мантии. В результате мы узнаем состав предполагаемого остатка мантийного вещества и глубину, которой должно достигать плавление, чтобы создать известную нам кору. Это будет критерием допустимости предполагаемого нами процесса. Действительно, если в тугоплавком осадке окажется вещество крайне редкое на Земле, то, очевидно, надо изменить расчет так, чтобы остаток от выплавления был правдоподобным. Заранее ограничим степень частичного плавления этого вещества, т. е. оценим результаты процесса при переходе в расплав 5, 10, 25% первичного вещества. Более активная выплавка невозможна, так как уже при 10—25% некоторые элементы будут изъяты полностью. Может получиться иначе: после выплавления останутся обычные для Земли, но тугоплавкие минералы, из которых больше ничего не выделится. Кроме того, в них не содержится необходимых для коры элементов — калия, натрия, алюминия. Таким веществом является дунит, состоящий почти из одного оливина. Порода эта очень тугоплавка и ничего даже отдаленно напоминающего земную кору получить из нее нельзя. Если бы в результате расчета слой дунита на глубине оказался столь велик, что захватил область расплавов (магмы), то это означало бы, что расчет неверен. Ведь и после образования коры на глубине существуют базальтовые расплавы, они изливаются на поверхность иной раз неоднократно. Примерами могут служить базальты Декканского плоскогорья в Индии, базальты междуречья Енисей — Лена или бассейна реки Параны в Южной Америке.

Используя подсчитанные советскими учеными А. Б. Роновым и А. А. Ярошевским средние составы океанической и материковой коры, а также ее массу, и сопоставляя эти данные с предположительным составом мантии, можно прийти к интересным выводам. Во-первых, выплавка из мантии будет незначительной — она редко составляет 20—25%, чаще не больше 10%. Это существенно ограничивает теоретиков в их предполо-

жениях. И вот почему. Представьте себе породу после плавления: она состоит из твердых зерен и жидкости, причем жидкость выделяется из области плавления до тех пор, пока зерна не составят твердый каркас. В промежутках между ними жидкость застрянет и не уйдет, пока не будет раздавлен каркас. А это маловероят-

но, так как в условиях глубин тогда потребуется, чтобы рядом был участок с много меньшим давлением. Без перепада давления жидкость выдавить не удастся.

Простой расчет показывает, что в порах твердого каркаса застрянет очень много жидкости. Например, в случае шарообразных зерен до 50%



Содержание главных элементов в коре разных типов. На диаграмме показано, как изменяется содержание элементов при переходе от мантии к коре: по вертикальной оси — окислы; состав пиролитовой мантии показан горизонтальной линией. Черные столбики отражают содержание элемента в континентальной коре; столбики, заштрихованные косыми линиями, — в коре океанов. На общем фоне выделяется калий. Его содержание в континентальной коре по сравнению с мантией увеличивается примерно в 20 раз, а по сравнению с океанической корой в 7—8 раз. Такая «чувствительность» к смене условий делает его идеальным индикатором различия процессов в глубинах Земли

объема породы! Можно найти такую расстановку зерен, когда только 10% жидкости окажется в ловушке между ними. Представим себе иначе: в породе с зернами, не очень крупными, при незначительном плавлении (5—10%) жидкость будет обволакивать зерна пленкой, толщиной примерно 20 мк. Как убрать такую пленку и заставить жидкость течь к поверхности Земли?

Если к этому прибавить, что нельзя в расчетах допускать образования мощного слоя дунита и что остаточное вещество должно быть родственно породам, известным на Земле, то остается предположить, что наиболее вероятным источником континентальной коры является пирилитовая мантия. Для океанической коры одинаково вероятен как пирилитовый, так и гранат-перидотитовый состав мантии. Предположение о хондритовом ее составе вызывает наибольшие затруднения.

ВНИМАНИЕ — КАЛИЙ!

Расчеты касались всех главных химических элементов, кроме калия и в какой-то степени кремнезема. В океанической коре их концентрации не отличаются от концентраций других элементов и простое частичное плавление мантии ведет к отделению вещества коры. В континентальной коре содержание калия и кремнезема повышено. Вероятно, обогащение земной коры кремнием произошло в процессе тех изменений, которые сопровождали расплавление верхов мантии. Но и это не объясняет обилия калия. Его количество в коре в 5—10 раз превышает то, которое было бы возможно при простом выплавлении, причем потребовалось бы изъять весь калий из объема, раз в пять (или больше) превышающего объем области плавления. Очевидно, калий поступает со значительно больших глубин, чем область плавления, но только под материками. Вынос его происходит в значительной мере струями газа.

Итак, мы приходим к выводу, что под материками процесс образова-

ния коры идет иначе, чем под океанами. Первое его отличие — разная глубина области плавления: вдвое-втрое больше, чем под океанами. Но кроме того, под материками активизируются и еще более глубокие слои мантии, которые выделяют в относительно скромных количествах кремний и в очень больших — калий (если сравнивать с его содержанием в мантии). Глубина, с которой должен выделяться калий, по подсчетам различных авторов, не меньше 1 000, а может быть, и 1 500 м.

Но, по-видимому, одной констатации факта и совпадения расчетов, проведенных различными исследователями, еще мало.

А ЕСЛИ МАНТИЯ ПОДВИЖНА?

Все упомянутые расчеты построены на предположении о неподвижной, инертной мантии. Но если в ней существуют течения, многое меняется. Оценки массы мантии, необходимой для выделения коры, остаются верными. Но если эта масса протекает через некоторый объем, то в результате глубина отделения вещества от подвижной мантии может оказаться много меньшей, чем в случае неподвижной. Важно и направление течения.

Возможны два типа таких течений. Один — тепловая конвекция нагретая масса поднимается из глубин к коре, отдает здесь тепло и, остывая, опускается вниз. Там она разогревается и вновь начинается подъем. Одно и то же вещество совершает вертикальный круговорот, вынося на поверхность лишь тепло. Механизм такой конвекции встречается в гипотезах многих зарубежных ученых. Но в этом механизме есть серьезные трудности физического порядка, и вряд ли такая конвекция может осуществиться. Прежде всего, удастся ли веществу преодолеть значительные изменения плотности — своеобразную плотностную слоистость мантии? Для нас важно, однако, другое: круговращение одного и того же вещества не может обеспечить дополнительного поступления огромных ко-



Схематическое изображение глубинных процессов (согласно гипотезе Е. В. Артюшкова). На границе ядра и нижней мантии до сих пор первичное вещество Земли частично плавится. Выплавляющаяся тяжелая жидкость стекает вниз. После плавления остается твердое силикатное вещество, обедненное железом, более легкое, чем первичная мантия. Оно образует тонкий слой на границе ядра и мантии и стремится всплыть вверх (I). Подтекание вещества увеличит объем всплывающего участка и ускорит движение (II). В дальнейшем возможны два варианта: либо поднимающаяся «капля» оторвется от слоев внизу (III), либо сольется в единый поднимающийся столб (IV)

личеств калия — его в этом веществе просто не хватит на создание коры материков.

Второй тип течений — подъем вверх только легкой, нагретой и относительно богатой летучими компонентами массы. В верхних горизонтах из нее выплавляются или уходят с газами легкие соединения. Тяжелый охлажденный остаток погружается вниз. Но уйдя в глубины, он уже не может подняться, так как оказывается тяжелее недифференцированного глубинного вещества. Для нового подъема нужна и новая порция вещества. Возможность обогащения коры легкими компонентами поднимающегося вещества позволяет понять, откуда пришел калий в земную кору.

Именно такой процесс обсуждается в гипотезе Е. В. Артюшкова о гравитационной конвекции. Согласно этой гипотезе, земное ядро еще не закон-

чило своего роста. Нижняя мантия сложена первичным веществом. У ее нижней границы создаются условия для выплавления тяжелой жидкости, и не важно, является ли жидкость расплавленным железом или состоит из металлизированных кремниевых соединений железа и других элементов. Более плотная, чем кремниевые соединения мантии, эта жидкость стремится стечь вниз, а остающиеся твердые силикаты — подняться. Такое разделение первичного вещества формирует силикатный остаток, менее плотный, чем вещество нижней мантии. Равновесие может восстановиться только в том случае, если легкие силикаты прорвутся в пределы верхней мантии. Подъем первой порции такого вещества — поможет ли ему тектоническая ослабленная зона или нет — оставляет за собой прогретый след, по которому оставшимся массам уже легче подниматься. В результате должны появиться постоянно или, во всяком случае, весьма длительно действующие каналы, непрерывно выносящие нагретое и содер-

жащее легкие элементы вещество. Достигнув некоторого предела давлений, скорее всего в астеносфере* или несколько ниже ее, это вещество частично плавится, давая начало магмам. Остаточная, более тяжелая его часть погружается, создавая течение вниз, компенсирующее подъем. Опустившееся вещество больше не участвует в подъеме, оставаясь где-то глубоко в мантии.

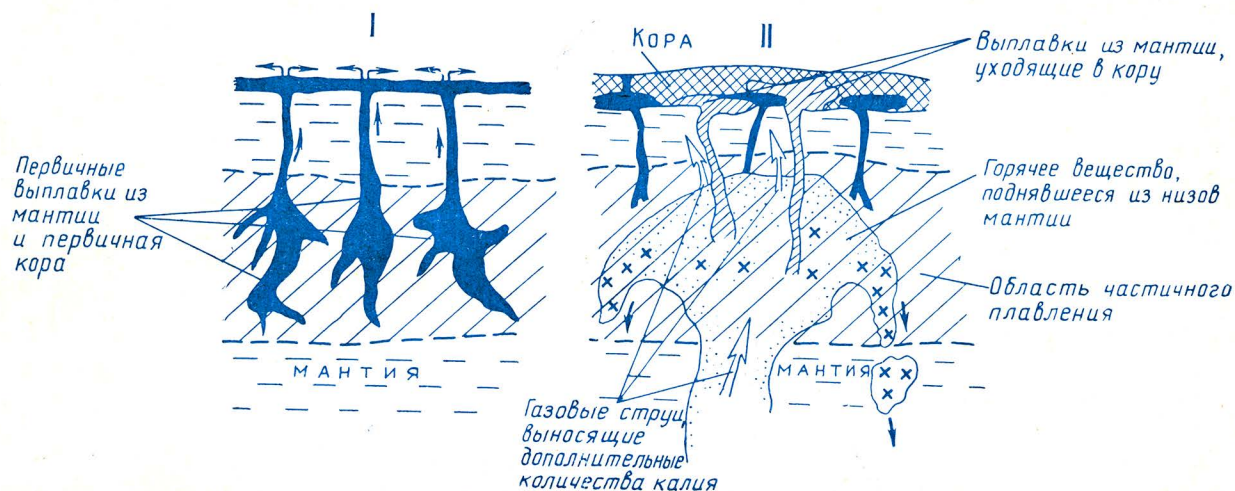
Так примерно выглядит гипотеза Е. В. Артюшкова с позиций геолога.

ПОЧЕМУ СУЩЕСТВУЮТ МАТЕРИКИ И ОКЕАНЫ?

Принимая гипотезу Е. В. Артюшкова, можно создать стройную схему глубинного процесса, формирующего

материковую кору. При этом исчезает необходимость «добывать» калий с больших глубин и искать какой-то, пока что непонятный механизм, ведущий к избирательному выкачиванию небольшой группы элементов. Снизу, из глубин верхней мантии, поднимается более или менее сплошной столб свежего вещества, которое еще не подвергалось плавлению. С ним идут глубинные газовые струи, они способствуют скоплению подвижных элементов в «голове» столба. Выше, в астеносфере, соотношение температуры и давления ведет к плавлению «головы» столба. Под астеносферой давление как бы гасит воздействие температуры, а над ней температура мала и плавление тоже невозможно.

Магмы извлекают из поднимавшегося вещества значительную часть калия. Другая его часть выносится газовыми струями. В условиях больших давлений и плотной упаковки атомов в минералах атом калия плохо приспособлен для вхождения в кристаллическую решетку и при первой возмож-



Возникновение первичной коры и ее переработка в континентальную. В результате постепенного разогрева Земли в ее верхних слоях начинается плавление вещества. Образующаяся магма поднимается вверх (она легче окружающего вещества) и, застывая, формирует первичную кору Земли. Состав этой коры соответствует условиям плавления: она не обогащена калием и более или менее похожа на кору океанов (I). Одновременно выделяющиеся газы и растворы перерабатывают первичную кору, делая ее более кислой и легкой. С газовыми струями и растворами выносятся добавочные количества наиболее подвижных элементов, в особенности калия. Переработка древнейшей коры и ее наращивание новыми порциями магмы приведут в конечном итоге к созданию континентальной коры (II)

ности стремится вырваться из нее. Ведь атом калия много больше атома натрия, поэтому он с трудом помещается в «отведенное ему место». Так общий процесс разделения первичного вещества Земли ведет к созданию легкой и богатой калием материковой коры.

Но если это так, мы неминуемо приходим к выводу, что под океанами либо вовсе нет поднимающихся с больших глубин мантии горячих масс, либо их мало. Можно сказать иначе: там, где происходили мощные течения из глубин мантии, возникли материи, а где обстановка не благоприятствовала подъемам — образовались океаны.

В начале геологической истории возникла первичная земная кора. Постепенный радиоактивный разогрев Земли (согласно выводам советских ученых С. В. Маевой и Е. А. Любимовой) вызвал плавление на глубинах, вряд ли достигавших 400 км. Ниже, при существующих там высоких давлениях, температура была недостаточна для этого. Выплавленный, обогащенный кремнием легкий материал поднимался, он создавал земную кору. Мы не в состоянии сейчас определить ее состав — она могла быть или базальтовой, или более кислой. Калий мог поступать в нее только из областей плавления, поэтому соотношение щелочей в коре было близко к соотношению их в мантии. Этот процесс вел к образованию коры либо океанического, либо близкого к ней типа. Более вероятно, что содержание щелочей в первичной коре было невысоким, а роль калия была чуть большей, чем в океанической коре.

В начальную геологическую эру разделение вещества в самых глубинах Земли на материал ядра и более легкую составляющую еще не отражалось на приповерхностной области. Чтобы совершить путь вверх, создавая прогретый канал, легкому дифференциату требовалось очень много времени — примерно миллиард лет. Но когда этот путь был преодолен и вещество поднялось, в областях над «головой» восходящих токов возникли совершенно новые условия. Повы-

шение температуры и появление свежих порций вещества, богатых легкими элементами, усилили процесс и обогатили кору кремнекислотой и щелочами. Начав с глубинной переработки коры, процесс в конце концов привел к мощному выносу кремнезема и щелочей (особенно калия) из ее глубоких частей вверх. Это ознаменовалось эпохой гранитизации коры, эпохой, которую все геологидокембристы датируют 2,5—3,5 млрд. лет (возможно, ближе ко второй оценке). Ничего подобного в областях океанов мы не встречаем, — правда, там вообще древние породы не обнаружены. Может быть, не так далеко от истины предположение о том, что в области океанов процесс дифференциации в верхней мантии очень близок к процессу создания первичной коры, т. е. связан с «перезитком» далекого прошлого. А под материками действует принципиально иной, «прогрессивный» механизм.

КАЛИЙ И ДРЕЙФ КОНТИНЕНТОВ

Как должно отразиться представление о двух глубинных процессах дифференциации на некоторых бытующих гипотезах (передвижение материков, расширение океанического дна, океанизация материковой коры)? Эта тема столь остра в наши дни, что надо хотя бы вкратце остановиться на ней.

Дрейф материков. Из сказанного ясно, что передвигающийся материк должен обогащаться калием и на новом месте. Он мог бы каким-то образом «высасывать» калий из образующейся магмы и набирать его, ползая по Земле. Но таким путем он может, в лучшем случае, только утроить количество калия, оставив «бескалиевую мантию» на долю океанов. Между тем надо удесятерить его количество. Есть еще два возможных пути: возникновение «калиевого процесса» на глубинах в любом месте (куда занесет материк) или переход материка только на такие участки, где возникает подобный процесс. Эти пути явно бессмысленны. Дрейф материков становится невероятным: столбы

поднимающегося из глубин мантии вещества и дрейф материков — «две вещи несовместные».

Расширение дна океанов. Как известно, гипотеза предполагает передвижение плиты океанической коры («натриевой») от срединного хребта к матерiku. Там она ныряет, уходя на глубину до 700 км, над ней создается из продуктов вулканизма островная дуга. Вулканы питаются расплавляющейся на глубине плитой. Появление на глубине этой холодной базальтовой, или эколгитовой*, массы не благоприятствует, конечно, усилению химических процессов. Однако масса, почти лишенная калия, расплавившись и поднявшись, оказывается неожиданно обогащенной калием, количество которого немногим меньше количества натрия. Явление это трудно, а вероятно, и просто необъяснимо и, в лучшем случае, заставляет усомниться во всей схеме расширения дна океанов.

Для океанизации коры необходимо, чтобы погружившаяся легкая, кислая и богатая калием кора растворялась в верхах мантии. Тогда калий должен был поступать в зарождавшиеся океанические магмы, и они не могли стать натриевыми. Таким образом, и это предположение, как будто, не подходит.

Я очень прошу читателей помнить, что выводы, сделанные в этой статье, не выходят за рамки предположений. Достоверно лишь существование двух типов дифференциации в верхней мантии (материкового и океанического), очень важное для понимания процессов в Земле. Не учитывать особенностей «калиевого» процесса ныне нельзя. Существование разных процессов в материковой и океанической коре вызывает догадки и сомнения в отношении многих важнейших проблем. Проверка этих догадок, поиски новых решений становятся актуальными.

* Ю. С. Геншафт, А. Я. Салтыковский. Земля под прессом. «Земля и Вселенная», № 6, 1969 г.

Стационарные спутники

Стационарные спутники Земли уже несут свою вахту в качестве ретрансляторов радио- и телепередач. Эти спутники выступают в роли наблюдателей земной поверхности и облачных образований в атмосфере. Осуществимы ли, хотя бы теоретически, запуски стационарных спутников Луны и планет?

Стационарным может быть назван спутник какого-либо небесного тела, занимающий по отношению к нему неизменное положение. Таков смысл слова «стационарный». Смысл же слов «по отношению к нему» сейчас будет уточнен.

Когда говорят о неизменном положении, то имеют в виду неподвижность в некоторой системе отсчета. В какой же именно?

Нетрудно понять, что спутник Земли не может быть неподвижен, например, в так называемой геоцентрической системе отсчета, оси которой имеют начало в центре Земли и направлены на неподвижные звезды, оставаясь параллельными самим себе при суточном вращении Земли и перемещении ее в пространстве. Если тело в этой системе отсчета (относительно Земли, как иногда говорят для краткости) обладает скоростью, равной нулю, то под действием земного притяжения оно упадет на поверхность нашей планеты*, т. е. в геоцентрической системе отсчета стационарный спутник Земли не существует. По той же причине не могут существовать стационарный спутник Луны в селеноцентрической системе отсчета и стационарный спутник Солнца в гелиоцентрической системе отсчета.

Можно, однако, представить искусственный спутник Земли неподвижным по отношению к системе отсчета, жестко связанной с вращающейся Землей. Начало координатных осей может находиться, например, в центре Земли; одна из трех осей совпадает с осью вращения Земли, а дру-

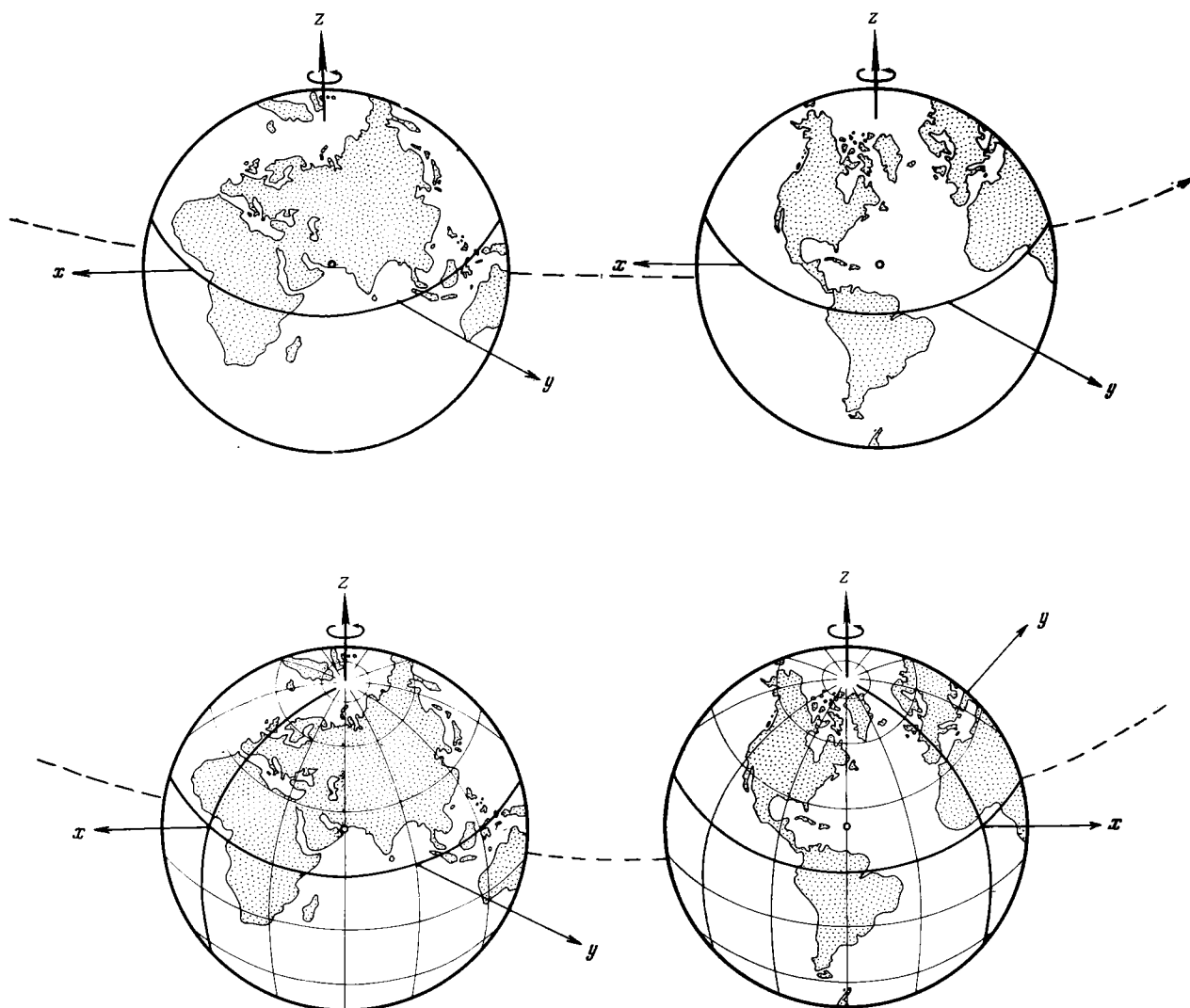
гая — направлена в точку экватора с определенной долготой (скажем, нулевой). Чтобы спутник оставался неподвижным в этой системе отсчета, он должен за сутки, как и Земля, совершать один оборот, двигаясь в сторону вращения Земли над какой-то ее параллелью на постоянной высоте (подобно вершине горы). Такой параллелью может быть только экватор, так как плоскость орбиты спутника обязана проходить через центр Земли.

СТАЦИОНАРНЫЙ СПУТНИК ПЕРВОГО РОДА

Спутник, движущийся по круговой экваториальной орбите в сторону вращения небесного тела с периодом обращения, равным времени одного оборота небесного тела вокруг его оси, является стационарным в системе отсчета, связанной с вращающимся небесным телом. Когда говорят о стационарном спутнике, то обычно имеют в виду именно такой спутник. Мы будем называть его стационарным спутником первого рода, так как дальше мы покажем возможность существования неподвижного спутника еще и в другой, весьма специфической системе координат.

Стационарный спутник первого рода постоянно находится над одной и той же точкой экватора на неизменной высоте. Его проекция представляет собой неподвижную точку на экваторе. Для наблюдателя в этой точке стационарный спутник всегда находится в зените. Из всех остальных точек поверхности стационарный спутник всегда виден над горизонтом в одной и той же точке неба (подобно вершине высокой горы). Исключением являются лишь полярные районы, для которых стационарный

* Мы полагаем тело находящимся на не слишком большом расстоянии от Земли (скажем, не далее 1 млн км).



Оси геоцентрической системы координат при вращении Земли остаются параллельными самим себе (верхняя часть рисунка). Оси, жестко связанные с Землей, поворачиваются вместе с ней при ее суточном вращении

спутник, как любой экваториальный, оказывается скрытым за линией горизонта.

Очевидно, стационарный спутник Земли первого рода должен обращаться вокруг нашей планеты с периодом, равным звездным суткам — 23 часам 56 минутам 4 секундам. Радиус r орбиты стационарного спутника можно найти по формуле

$$Y : r^2 = \frac{fMP^2}{4\pi^2},$$

где f — постоянная всемирного тяготения, M — масса Земли, P — период вращения Земли. Величина $K = fM$ для Земли равна $3,9860 \cdot 10^5$ км/сек². Подставив значение P (в секундах), мы вычислим $r =$

$= 42\,163$ км. Таков радиус орбиты стационарного спутника Земли. Она на $35\,792$ км больше среднего радиуса Земли, равного $6\,371$ км.

Поскольку экваториальный радиус Земли составляет $6\,378$ км, то в действительности высота стационарной орбиты над экватором должна быть меньше $35\,792$ км.

Впрочем, если учитывать, что Зем-

ля не шар, а сфероид, то необходимо помнить и о влиянии сжатия Земли на движение стационарного спутника. А это влияние выражается в увеличении скорости движения спутника, который будет обгонять поверхность Земли. Поэтому спутник необходимо запускать на несколько более высокую круговую орбиту.

Но влияние сплюснутости Земли — не единственное возмущение, которое испытывает движение спутника. Строго говоря, на этом движении сказывается даже отклонение формы земного экватора от окружности, вызывающее небольшие долготные колебания спутника. Еще большее значение имеют возмущения от Луны и Солнца. Поэтому вывести на орбиту спутник с периодом обращения, в точности равным звездным суткам, фактически невозможно (даже при сверхточной работе ракетных двигателей и систем управления).

Для практического использования стационарного спутника в системе глобальной радиосвязи и телевидения важен именно период обращения спутника. Форма же орбиты может несколько отклоняться от круговой, а ее плоскость — от экваториальной плоскости Земли. Эти отклонения придадут спутнику лишь небольшие колебания. Несовпадение же периода обращения со звездными сутками приведет к тому, что спутник будет обгонять вращение Земли или отставать от него, и в конце концов дрейф спутника вызовет его заход за горизонт приемной или передающей наземной радиостанции.

После выведения стационарного спутника на орбиту фактически всегда происходит дрейф спутника, который продолжается несколько дней, пока после ряда коррекций с помощью бортового двигателя спутник не будет «остановлен» над выбранной заранее точкой экватора.

Может показаться, что если спутник отстает от вращения Земли, то включать бортовой двигатель нужно так, чтобы спутник получил толчок в сторону своего движения. Но тогда спутник лишь перейдет на более высокую орбиту, т. е. увеличится период обращения, который и без того

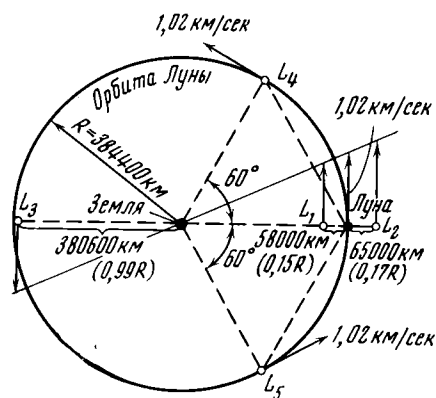
превышает нужное значение. Поэтому отстающий спутник нужно затормозить, а обгоняющий — подтолкнуть вперед, чтобы заставить их «застыть» над какой-то точкой экватора.

Конечно, последующие возмущения снова собьют спутник с его орбиты и новый дрейф неизбежен. Придется время от времени проводить дополнительные коррекции орбиты.

СТАЦИОНАРНЫЙ СПУТНИК ВТОРОГО РОДА

Покажем теперь возможность существования стационарного спутника Земли второго рода. С самого начала примем во внимание влияние лунного притяжения на движение спутников Земли. Предположим, что Луна движется по круговой орбите радиуса $R = 384\,400$ км со скоростью $v_L = 1,02$ км/сек, совершая один оборот вокруг Земли за 27,32 суток. Существованием других притягивающих тел (Солнце, планеты) мы пренебрежем.

Сообщим в какой-нибудь точке пространства некоторому третьему телу определенную скорость. Пусть масса этого тела будет так мала, что движения Земли и Луны (массы которых несравнимо больше) не претерпевают никаких изменений из-за его притяжения. Именно так происходит, если третье небесное тело искусственное, т. е. спутник или другой космический аппарат. Какое движение будет оно совершать? Так сформулированная задача называется ограниченной круговой задачей трех тел (ограничением является предположение, что третье тело не влияет на движение двух других). Получив вблизи Земли скорость порядка первой космической или несколько больше, тело станет спутником Земли. Орбита этого спутника тем сильнее будет разрушаться притяжением Луны, чем больше превышение начальной скорости над первой космической. Если при скорости порядка второй космической траектория космического аппарата пройдет, вблизи Луны, то она претерпевает серьезные пертурбации. Возможно, что косми-



Спутники L_1 , L_2 , L_3 , L_4 , L_5 в точках либрации

ческий аппарат окажется отброшенным в сторону Земли, превратившись в ее искусственный спутник с орбитой, постепенно разрушаемой Луной. Не исключено, что космический аппарат, обогнув Землю, уйдет в глубины космоса (быть может, опять встретив Луну). Луна способна разогнать космический аппарат и выбросить за пределы сферы действия Земли, даже если начальная скорость была несколько меньше второй космической.

Но оказывается, что существуют пять круговых орбит, которые не только не разрушаются Луной, а наоборот, только благодаря лунному притяжению и остаются круговыми, хотя и не такими, как «обычные».

Допустим, что в точках L_1 , L_2 , L_3 , L_4 , L_5 , расположенных относительно Земли и Луны строго указанным образом, космические аппараты получили определенные начальные скорости.

В точках L_1 , L_2 и L_3 начальные скорости должны быть такими по величине, будто бы спутники прочно скреплены с прямой Земля — Луна. Величины начальных скоростей легко находятся графическим построением или же простым вычислением. Скорость в точке L_1 равна $v_L \cdot 0,85 = 0,87$ км/сек, в точке L_2 составляет $v_L \cdot 1,17 = 1,19$ км/сек, а в точке L_3 равна $v_L \cdot 0,99 = 1,01$ км/сек.

Оказывается, что и в дальнейшем спутники L_1 , L_2 , L_3 и Луна будут двигаться вокруг Земли, оставаясь все время на одной прямой, т. е. периоды обращения всех четырех тел будут одинаковы. Это должно показаться невероятным. Не могут, казалось бы, четыре спутника, находящиеся на круговых орбитах разных радиусов, иметь одинаковые периоды обращения! Но дело в том, что не могут — в задаче двух тел, а мы рассматриваем задачу трех тел, и теперь дело обстоит иначе. Орбитальная скорость каждого искусственного спутника не равна местной круговой (относительно Земли) скорости, которая в случае ограниченной задачи двух тел (искусственный спутник — Земля) вычисляется по формуле:

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{rM}{r}},$$

где r — радиус орбиты, а M — масса Земли, и в точке L_1 , равна 1,11 км/сек, а в точке L_2 — 0,94 км/сек, т. е. истинная скорость спутника в точке L_1 меньше, а в точке L_2 больше круговой.

Что касается скорости Луны, то она фактически должна быть больше местной круговой скорости, вычисленной по приведенной формуле. Ведь Луна не искусственный, а естественный спутник Земли, массой которого пренебрегать нельзя.

Сообщим спутникам, находящимся в точках L_4 и L_5 , скорости по касательным к орбите Луны, в точности равные скорости Луны — 1,02 км/сек. Казалось бы, эти два спутника с ничтожной массой под действием скорости, которая больше местной круговой, должны двигаться, в отличие от Луны, по эллиптическим, а не круговым орбитам. Но ничуть не бывало! Притяжение Луны заставляет двигаться рассматриваемые спутники все с той же неизменной скоростью по орбите Луны: один — на 60° впереди Луны, другой — на 60° позади.

Итак, все пять спутников под совместным действием Земли и Луны движутся так, что их первоначальное расположение все время остается

неизменным. В системе координат, вращающейся вместе с линией Земля — Луна, эти пять спутников стационарны.

Точки L_1 , L_2 , L_3 носят название коллинеарных или прямолинейных точек либрации, а L_4 и L_5 — треугольных точек либрации. Соответствующие спутники могут быть названы либрационными или стационарными спутниками Земли второго рода.

Треугольные точки либрации L_4 и L_5 устойчивы, а прямолинейные L_1 , L_2 и L_3 — неустойчивы. Если в начальный момент спутник расположится не в точке L_4 (или L_5), а вблизи нее, то воздействия Земли и Луны удержат его в этой окрестности. Поэтому в точках L_4 и L_5 можно было бы разместить «космические буи» — автоматические станции, устойчиво сохраняющие свое положение относительно Земли и Луны.

Эта идеальная картина должна искажаться солнечными возмущениями и эллиптичностью лунной орбиты. Однако примерно на 60° впереди и позади Луны обнаружены и сфотографированы концентрации метеорной пыли (облака Кордылевского).

СТАЦИОНАРНЫЕ СПУТНИКИ ЛУНЫ

Стационарный спутник Луны первого рода должен иметь период обращения, равный 27,32 суток, которому должен соответствовать радиус орбиты, равный 88 600 км. Между тем радиус сферы действия Луны составляет 66 000 км. Поэтому такой спутник должен испытывать столь сильные возмущения со стороны Земли, что вряд ли сможет завершить хотя бы один оборот вокруг Луны.

Однако стационарные спутники Луны первого рода все же существуют, причем именно благодаря земному притяжению. Такими спутниками являются прямолинейные либрационные спутники Земли L_1 и L_2 , расположенные внутри сферы действия Луны, в чем можно убедиться, построив селеноцентрические орбиты спутников L_1 и L_2 .

Известно, что Луна обращена к Земле все время одной и той же сто-

роной, будучи как бы жестко насаженной на стержень Земля — Луна. Поэтому ясно, что спутник L_1 находится все время над центром видимой, а спутник L_2 — над центром невидимой стороны Луны, т. е. оба они — стационарные спутники Луны первого рода.

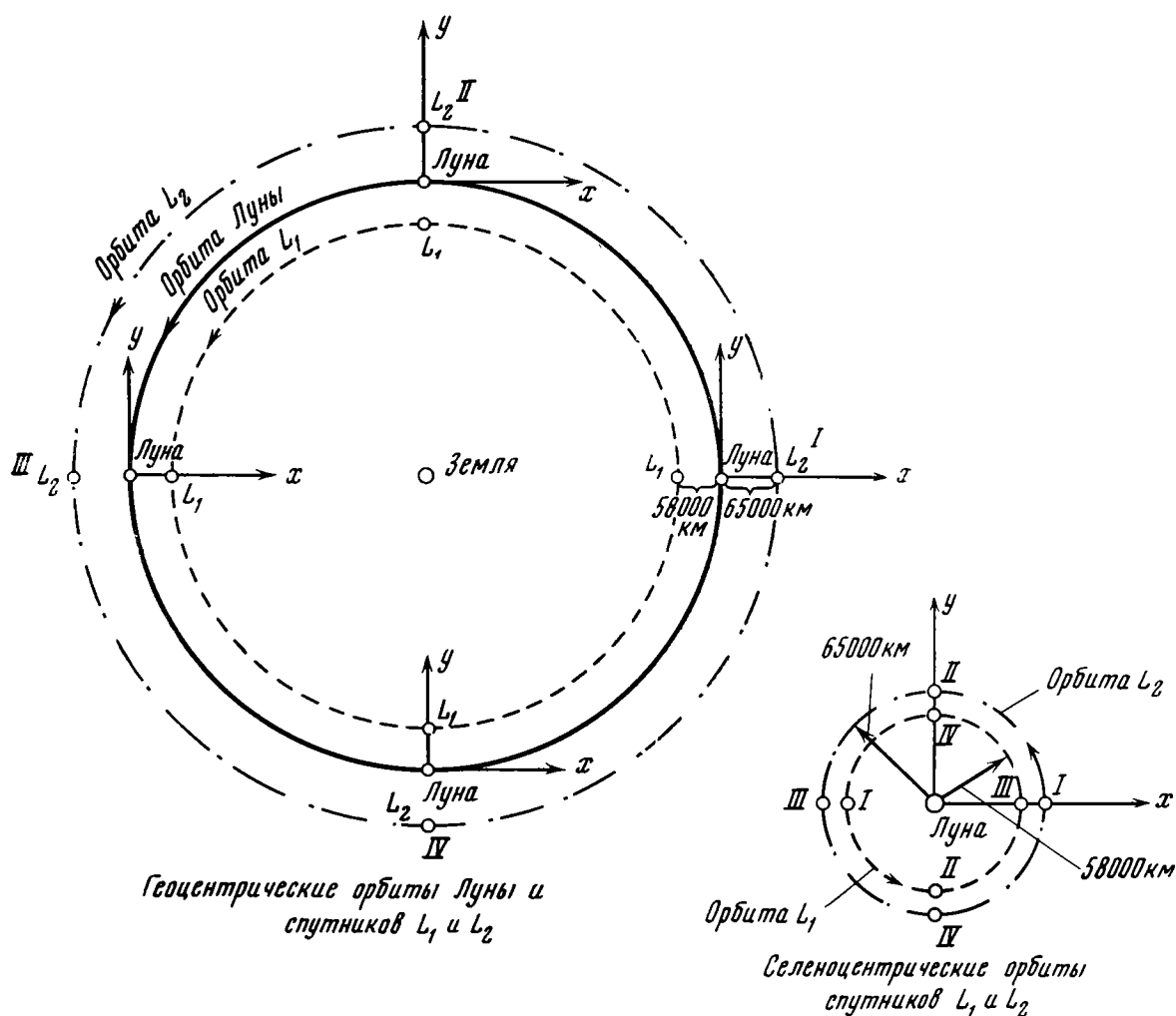
Но, в конце концов, и спутники L_3 , L_4 , L_5 , находящиеся вне сферы действия Луны, также, как нетрудно убедиться, совершают в селеноцентрической системе отсчета полный оборот вокруг Луны (по круговым орбитам радиусов 765 000 и 384 400 км) за 27,32 суток и тоже как бы жестко связаны с поверхностью Луны, т. е. являются стационарными спутниками первого рода.

Более того, таким стационарным спутником Луны будет и Земля, так как и она делает в селеноцентрической системе отсчета один оборот вокруг Луны за 27,32 суток!

Все шесть тел (пять либрационных спутников и Земля) кажутся почти неподвижными на небе Луны при наблюдении из любой точки лунной поверхности. Незначительные их колебания объясняются главным образом эллиптичностью орбиты Луны и небольшими покачиваниями самой Луны на «стержне Земля — Луна».

Как Земля, так и либрационные спутники (за исключением спутника L_3) могут служить в качестве спутников связи, обслуживающих лунные станции на обеих сторонах Луны. Например, путем небольшого расхода топлива корректирующим двигателем можно будет удерживать неподвижным (относительно системы отсчета, связанной с линией Земля — Луна) спутник L_1 , а спутник позади Луны можно заставить совершать (в той же системе отсчета) колебания большого размаха вокруг точки L_2 , так что он будет лишь изредка заходить за Луну. Оба спутника вместе с лунными станциями составят глобальную систему связи для Луны. Спутник L_1 в этой системе может быть заменен Землей.

Не исключено, что стационарный спутник в точке L_1 , снабженный корректирующей двигательной установкой, сможет служить промежуточной базой для снабжения лунных станций.



Рассмотрев положения спутников L_1 и L_2 в четырех моментах времени (I, II, III и IV) при движении вокруг Земли, можно наметить их положения в селеноцентрической системе координат xy и убедиться, что селеноцентрические орбиты этих спутников представляют собой окружности с центром в Луне. Спутник L_1 движется вокруг Луны со скоростью 0,15 км/сек, а спутник L_2 — со скоростью 0,17 км/сек, совершая один оборот за 27,32 суток. Эти скорости меньше тех, которые имели бы спутники, если бы они двигались вокруг Луны, не испытывая возмущений со стороны Земли

СТАЦИОНАРНЫЕ СПУТНИКИ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Возможно, что в будущем стационарный спутник Марса первого рода обеспечит связь между исследовательскими партиями, находящимися на каком-то одном полушарии пла-

неты. Высота его орбиты будет составлять 17 000 км. С такой высоты обозримо 83% площади полушария Марса (для стационарного спутника Земли, — соответственно, 85%).

Стационарные спутники планет группы Юпитера могли бы в будущем поддерживать связь с автомати-

ческими станциями, плавающими в атмосферах. Наблюдения больших планет с высоты стационарной орбиты не будут носить глобальный характер, так как охватывают от 46 до 71% площади полушария. Орбита стационарного спутника Сатурна оказывается расположенной внутри его кольца,

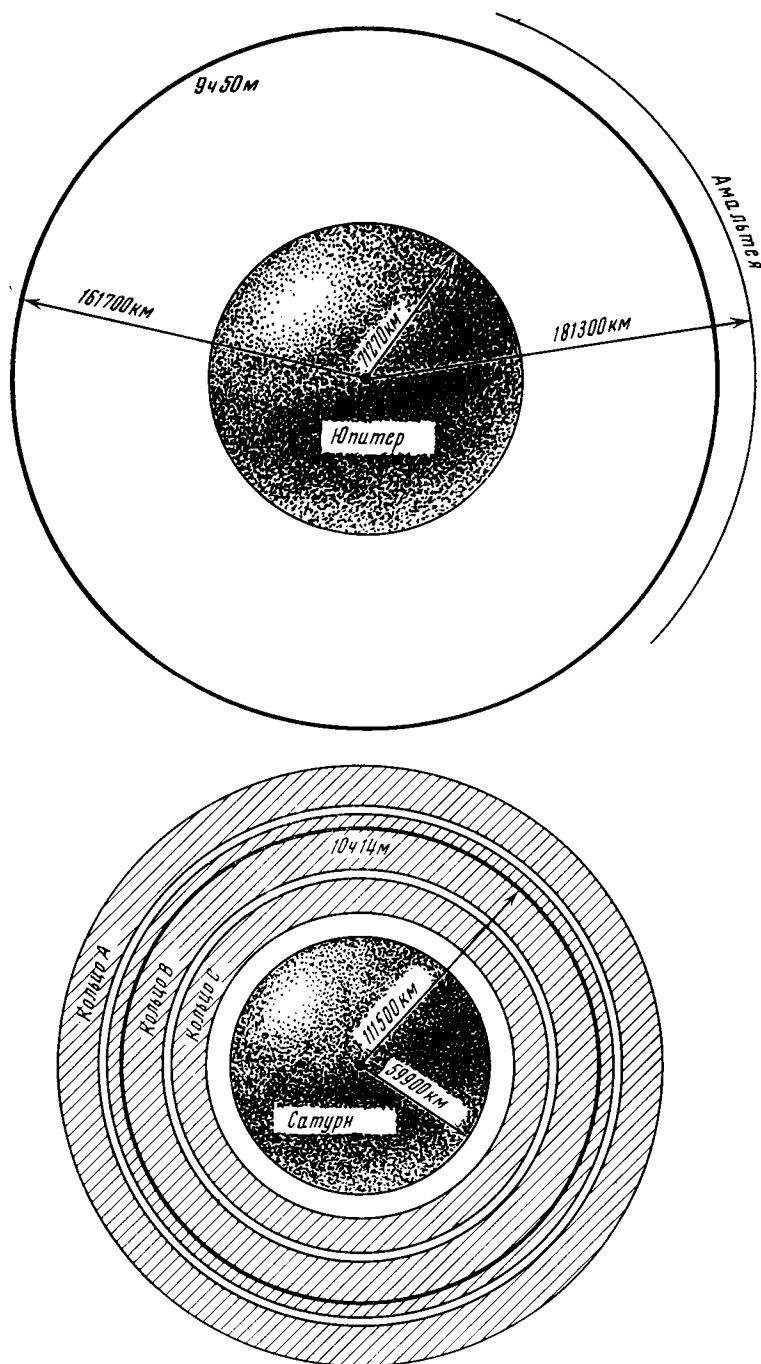
что делает его запуск практически невозможным.

Стационарные спутники первого рода не могут быть также запущены вокруг Венеры и Меркурия, так как эти планеты вращаются столь медленно (Меркурий делает один оборот за 58,6 суток, а Венера за 243,16 суток), что соответствующие орбиты оказываются лежащими за границами сфер действия планет (радиус сферы действия Меркурия 150 000 км, а Венеры — 600 000 км).

Мы не будем рассматривать здесь стационарные спутники планет второго рода, т. е. неподвижные в системе отсчета, связанной с линией планета — естественный спутник. Меркурий и Венера вообще не имеют естественных спутников. Если они когда-нибудь и будут открыты, то массы их должны быть заведомо так малы, что притяжение никакой роли играть не может. Ничтожно влияние и спутников Марса. Влияние такого крупного спутника Сатурна, как Титан, должно быть значительным, но какой цели могут служить либрационные спутники системы Сатурн — Титан, неясно.

Мы рассмотрели здесь проблемы создания стационарных спутников Земли, Луны и планет с чисто астрономической точки зрения, не затрагивая вопросов технического осуществления их запусков. Создание либрационных спутников Земли и Луны для современной ракетной техники — вполне посильная задача. Аналогичное можно сказать и о запуске стационарного спутника Марса. И это вполне очевидно после выведения на орбиты вокруг Марса советских и американских спутников. Запуском обязательно предшествует четкая научная программа.

Что же касается стационарных спутников больших планет, их создание требует от космической техники нового шага вперед в области усовершенствования двигательных систем, автономных систем навигации и общего повышения надежности аппаратуры, так как длительность перелетов к этим планетам исчисляется годами.



Орбиты стационарных спутников Юпитера и Сатурна. Жирной линией выделены стационарные орбиты. Указаны экваториальные радиусы планет и периоды обращения стационарных спутников. Нанесены орбиты ближайших к планетам естественных спутников

10 февраля 1972 г. доктор физико-математических наук профессор С. Л. Мандельштам рассказал на заседании Президиума Академии наук СССР об исследованиях солнечных вспышек спутниками серии «Интеркосмос».

Вспышка — это быстрый процесс освобождения энергии магнитного поля солнечных пятен, расходуемой на нагрев вещества до температуры в десятки миллионов градусов, на ускорение протонов и электронов до энергий от десятков килоэлектронвольт до многих мегаэлектронвольт, на выброс в межпланетное пространство сгустков корональной плазмы с «вмороженным» магнитным полем.

Немало интересного, относящегося к физике вспышек, получили советские ученые при использовании классических методов оптической и радиоастрономии. В частности, на Крымской астрофизической обсерватории АН СССР изучена перестройка при вспышке магнитного поля, исследован процесс выброса вещества, обнаружена поляризация оптического излучения вспышки.

В течение времени от нескольких минут до часа, на высоте порядка 10^4 км в солнечной атмосфере происходит взрыв, по мощности равный энергии миллионов атомных бомб. Вторжение в околоземное пространство излучений и корпускулярных потоков от вспышки вызывает появление магнитных бурь и полярных сияний, внезапное ухудшение условий радиосвязи на всем освещенном полушарии Земли. В эти периоды в космическом пространстве уровень проникающей радиации может превысить нормы безопасности для полетов человека. Статистика, по-видимому, обнаруживает влияние вспышек даже на такие, казалось бы, чисто земные происшествия, как число заболеваний инфарктом и количество дорожных катастроф.

Из-за исключительной сложности явления до сих пор еще не создано общепризнанной теории, объясняющей основные черты протекающих при вспышке процессов. Исследования, проводимые на «пороге» космического пространства со спутников,

позволили непосредственно регистрировать частицы и излучения, порождаемые вспышкой и полностью поглощаемые на пути к Земле, высоко в атмосфере. В экспериментах на «Интеркосмос-1 и -4» (1969—1970 гг.) впервые обнаружена и изучена поляризация рентгеновского излучения вспышек. Поляризация однозначно показала, что излучение возникает при торможении ускоренных электронных пучков в нижних, более плотных слоях солнечной атмосферы. Поступление электронов в излучающую область продолжается на протяжении значительной части «жесткой» фазы развития вспышки. Эти данные в общем соответствуют теоретическим представлениям, развиваемым советским физиком, доктором физико-математических наук С. И. Сыроватским, и одновременно позволяют их существенно конкретизировать и уточнить.*

Рентгеновским спектрогелиографом «Интеркосмос-4» получен исключительно четкий спектр вспышки в диапазоне длин волн 1,7—1,9 Å, где расположена группа интенсивных линий ионов железа. Спектральное разрешение составило тысячные доли Å, что в десятки раз лучше достигнутого ранее. Отождествление 14 спектральных линий многократно понижавшихся атомов железа, потерявших 22, 23 и 24 электрона, позволило сделать надежный вывод о температуре в области вспышки. Детальный анализ формы отдельных линий показал, что вещество вспышки разлетается со скоростями до 100 км/сек.

Принявший участие в обсуждении доклада академик А. Б. Северный отметил важность полученных принципиально новых результатов и вместе с тем подчеркнул необходимость их тщательной проверки с применением еще более чувствительной аппаратуры. Академик Н. Г. Басов указал на необходимость сравнения рентгеновского спектра солнечной вспышки со спектром сверхгорячей плазмы, получаемой теперь в «земной» лаборатории с помощью мощных лазеров.

Доктор физико-математических наук С. И. Сыроватский обратил внимание на актуальность исследований «жестких» излучений солнечных вспышек в связи с возможным применением найденных закономерностей при разработке новых типов ускорителей.

* Б. И. Валниченко, И. П. Тиндо, Б. Штарк. В солнечном дозоре «Интеркосмос-4». «Земля и Вселенная», № 6, 1971 г.

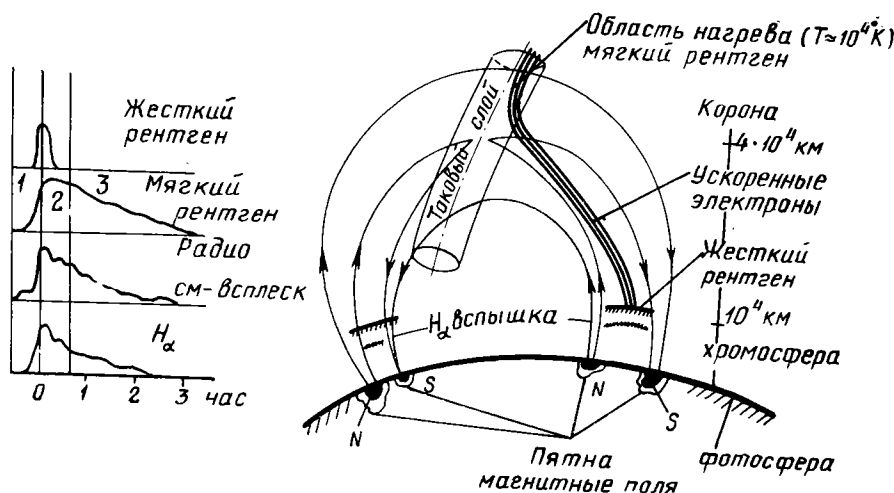


Схема генерации рентгеновского радио- и оптического излучений при вспышке на Солнце. Согласно теории С. И. Сыроватского, вдоль нейтральной линии магнитного поля при солнечной вспышке образуется токовый слой и происходит разогрев корональной плазмы. На второй стадии вспышки токовый слой разрывается, протоны и электроны ускоряются электрическим полем до больших энергий. Часть ускоренных электронов, двигаясь вдоль линий магнитного поля в сторону фотосферы, генерирует тормозное рентгеновское излучение. В левой части рисунка схематически показан временной ход развития отдельных процессов. «Жесткое» рентгеновское излучение наблюдается на второй фазе развития вспышки. В этой фазе происходит быстрый рост интенсивности излучения в мягкой рентгеновской области и в диапазоне сантиметровых радиоволн. Третья фаза характеризуется постепенным затуханием процессов разогрева плазмы и ускорения частиц

Почему ледники пульсируют?

Ледники — продукт климата. Но среди них встречаются и такие, чьи резкие периодические наступания не всегда можно объяснить климатическими изменениями. Это — пульсирующие ледники. Гляциологи заинтересовались ими недавно и уже выяснили некоторые причины, а также возможный механизм ледниковых пульсаций.

В природе существуют ледники, которые совершенно неожиданно начинают быстро продвигаться без видимых внешних причин. Еще в 1599 г. ледник Фернагтфернер в Эцтальских Альпах совершил скоростной «бросок» вниз по долине, а через год после этого другой альпийский ледник Бренва перекрыл деревню Сен-Жан-де-Пертюи, находящуюся к югу от Монблана. Наступавшие в 1719 г. Гриндельвальдские ледники настолько перепугали живших поблизости альпийских горцев, что они направили властям петицию с просьбой принять срочные и неотложные меры, которые могли бы заставить эти ледники уйти назад, и ледники... отступили.

Такие события в жизни ледников гляциологи обычно называют катастрофическими подвижками. Они довольно часты во многих ледниковых районах планеты, а потому необходимо исследовать и распознать их механизм и причины возникновения.

Напомним читателям журнала, как в конце весны и начале лета 1963 г. многие газеты, а затем и журналы помещали различные (порой весьма противоречивые и не очень понятные) сообщения под интригующими заголовками: «Ледяной Медведь ожил», «Медвежья поступь ледника Медвежьего», «Медвежий замедлил бег», «Медвежий останавливается» и т. д. Из этих корреспонденций трудно было выяснить, случилось ли неожиданное наступание ледника Медвежьего или это явление обычное и характерное только для него, а может быть, это событие — уникальное? Что же в самом деле могло заставить сотни миллионов тонн льда внезапно двинуться по долине со скоростью, которая в сравнении с прежним ходом ледника выросла в 100 раз? Землетрясение, сорвавшее со склона громадную ледяную массу? Необычно быстрое весенне-летнее таяние? Недавно прошедшие дожди? Обильные снегопады, переполни-

вшие верховья ледника? А может быть, роковое стечение всех этих и некоторых других обстоятельств привело Медвежий к катастрофической подвижке?

Однако несколько слов о самом леднике. Он расположен в бассейне реки Ванч, на западном склоне высочайшего в нашей стране хребта Академии Наук. Для Памира Медвежий — ледник средней величины (его длина 13 км, а площадь 25 км²). Что же произошло с ним во время последнего наступания, нашумевшего в прессе и в горах?

22 апреля 1963 г. Медвежий начал очень энергично продвигаться вниз по долине реки Хирсдара (хирс — по-таджикски означает «медведь», отсюда и название ледника). Скорость его движения сразу же возросла от полуметра до нескольких десятков метров в сутки. Недавно спокойная, сравнительно ровная поверхность ледника вдруг неузнаваемо преобразилась. Бесконечное множество трещин разорвало сжатое громадами отвесных гор сравнительно узкое и длинное тело Медвежьего и сделало его похожим на сказочного гигантского ежа, только вместо иголок торчали ледяные столбы и пластины высотой с многоэтажный дом. Круглые сутки гремела могучая «канонада» — ледник с большим шумом и треском дробился на «мелкие» многотонные блоки. Многие из них скатывались вниз и разбивались у подножия языка. Продвинувшись по долине, конец языка перегородил реку Абдукагор (верхний приток реки Ванч) и образовал ледяную плотину, в результате чего возникло подпрудное озеро глубиной до 80 м и объемом, примерно равным объему Химкинского водохранилища в Москве. 19 июня подпруженные воды озера промыли ледяную плотину и прорвались в долину. Каждую секунду озеро «выбрасывало» из себя почти тысячу кубометров воды. Это был катастрофиче-

ский паводок. К тому же он сопровождался разрушительным селем, сметающим все на своем пути...

Медвежий остановился через два с лишним месяца после начала своего активного наступания. За это время конец ледникового языка переместился почти на два километра. Его лобовая часть «вздулась» до 150 м, а верховья на протяжении нескольких километров понизились на 70 м. Всего в концевую часть языка переместилось около 140 млн. м³ льда. Разбушевавшаяся стихия разрушила высокогорную автомобильную дорогу, линию электропередач и небольшой поселок...

Результаты гляциологических исследований, а также воспоминания старожилов-таджиков убеждают нас в том, что катастрофическая подвижка ледника Медвежьего в 1963 г. была не единственной на протяжении последних десятилетий. Аналогичные наступания были также в 1937 и 1951 гг.—периодически через каждые 12—14 лет. В промежутке между бурными вспышками длился своеобразный «спокойный» период.

Пока еще трудно «расшифровать» более древнюю историю, но, по всей вероятности, не исключено, что ледник и 200—300 лет тому назад спускался по долине значительно дальше того места, где он оказался летом 1963 г.

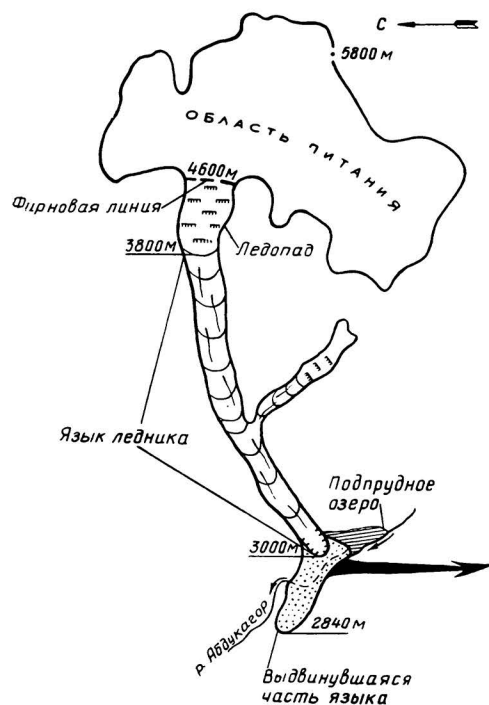
Сейчас мы уже хорошо знаем, что это наступание Медвежьего было не исключительным, а почти регулярным событием в жизни ледника. Какими же причинами вызываются катастрофические подвижки?

Для изучения ледниковых пульсаций на Памире была создана в 1963 г. Институтом географии АН СССР специальная высокогорная гляциологическая экспедиция. С тех пор ее сотрудники ведут на Медвежьем обширные исследования, подмечая все изменения в характере ледника после его подвижки. Эти работы будут продолжаться вплоть до очередного, следующего наступания, которое можно ожидать примерно в 1974—1975 гг.

Почему гляциологи выбрали Медвежий? Потому что он типичен для

пульсирующих ледников, имеет весьма короткий период между подвижками и доступен для наблюдений в своей пульсирующей части (можно добраться даже на автомашине). Впервые советские ученые в 1963 г. сами видели все наступание ледника (которое, кстати, было зафиксировано еще и аэрофотосъемкой). Однако таких наблюдений в Советском Союзе, да и во всем мире, пока еще немного. Гляциологам, изучающим сейчас этот «наступательный» памирский ледник, представляется редкая возможность следить за его «странным» поведением от начала до конца подвижки. А это обещает теоретические обобщения и прогноз нового наступания.

Что же произошло с Медвежьем после окончания подвижки в 1963 г.? Когда язык ледника остановился, в его верховьях началось интенсивное накопление льда. Под ледопадом сформировалась новая ледниковая волна, которая постепенно продвигается вперед, к нижней части языка. Когда она достигнет его конца, долж-



Горные ледники во время стремительных подвижек резко выдвигаются в долину, сохраняя свой объем. Увеличивается площадь ледников, меняются их очертания, удлиняется ледниковый язык. Все это можно увидеть на прилагаемых рисунках. Слева — схематический план ледника Медвежьего. Стрелкой отмечен участок языка, снятый Ю. М. Кривоносовым во время подвижки 1963 г. На фотографии (в правой части снимка) — подпрудное озеро, которое образовал ледник, перегородив долину реки Абдукагор. Справа — схематический план ледника Колка. Стрелкой показан участок вытянувшегося ледникового языка, снятый К. П. Рототаяевым во время недавней грандиозной подвижки 1969 г.



на произойти следующая катастрофическая подвижка...

Последние два с половиной года гляциологи ведут атаку на небольшой северо-осетинский ледник Колка (длиной 3,2 км и площадью, в обычном состоянии равной 2,5 км²). Он находится на северном склоне горного массива Казбек, в истоках реки Геналдон, чьи воды питают Терек. Всего в этом массиве насчитывается десять ледников. Наибольший из них — Майли лежит совсем близко от Колки.

До осени 1969 г. никаких изменений на Колке не было замечено. И накануне подвижки ледник не проявил особых признаков. Неожиданное наступание началось в конце сентября, о чем свидетельствовало резкое повышение мутности реки Геналдон. Уже через несколько дней вздыбленный на десятки метров конец языка Колки неумолимо продвинулся вперед на полтора километра, заполнив всю долину. По «пути» он напoлз со страшным грохотом на незагрязненный белый Майлийский язык. Это препятствие не остановило Колку: ледник взломал и перекрыл концевую часть соседнего ледника, а затем продолжил свое стремительное наступание.

Около пяти километров «пробежал» Колка и наконец в январе 1970 г. застыл на уровне, который оказался ниже прежнего на целую тысячу метров. На отдельных участках скорость движения ледника достигала 150—200 м в сутки, т. е. увеличивалась во много сотен раз. При прохождении ледниковой волны толщина языка возрастала на пятьдесят, а поверхность фирнового бассейна понижалась на двадцать метров.

В результате такого значительного наступания площадь ледника увеличилась на один квадратный километр, а объем льда, вынесенного в верховья долины Геналдон, превысил 60 млн. кубических метров. За время грандиозной подвижки язык Колки стал почти в два с половиной раза длиннее и представлял собой хаотическое нагромождение глыб льда. Ледник, выползший в долину, создал угрозу для расположенных ниже по течению рек Геналдон и Гизельдон горных селений и хозяйственных объектов. К счастью, эта подвижка произошла в холодный период времени, почему и не вызвала катастрофического водно-ледового селя. После прекращения наступания конец языка постепенно тает и разрушается.

Ледник Колка не первый раз пока-

зывает свой буйный нрав. Достаточно известна исследователям «Геналдонская катастрофа» 3 июля 1902 г. В тот день из Колкинского ущелья вырвался водно-ледовый селя. Огромный вал с необычайным шумом и грохотом пронесся по долине реки Геналдон, завалив ее льдом на протяжении восьми километров. Последовавший вслед за этим грандиозный паводок опустошил всю долину и уничтожил несколько горных аулов. Как правило, водно-ледовые сели и связанные с ними паводки возникают из-за большого количества воды, которая скапливается в многочисленных трещинах и пустотах ледника, а также в подпрудных озерах. Во многом этим стихийным бедствиям «помогают» ливни и бурное таяние снега в горах.

По некоторым сведениям, еще в 1837 г. ледник Колка совершил прыжок в долину. Можно сказать, что «спокойный» период между катастрофическими подвижками этого ледника составляет примерно 60—70 лет, т. е. в 5 раз длиннее, чем у Медвежьего. Для регулярных наблюдений и детального изучения ледника Колка и других ледников этого типа в Северной Осетии Институт географии АН СССР создал в 1970 г.





вторую многолетнюю гляциологическую экспедицию.

Известно, что резкие продвижения Медвежьего в 1963 г. и Колки в 1969 г. не имели прямой связи с климатическими условиями, которые характерны для обычных колебаний ледников, кроме того, эти подвижки были не первыми. Советские гляциологи называют периодические подвижки ледниковыми пульсациями (за рубежом ученые предпочитают термин «ледниковые паводки»), а сами ледники — пульсирующими. Одна из их особенностей заключается в том, что скорость движения ледников во время активной фазы пульсации увеличивается по сравнению с обычной («нормальной») примерно на один или два порядка. Другая особенность состоит в том, что интервалы времени между двумя резкими продвижениями у разных пульсирующих ледников могут быть самые различные — от нескольких лет до нескольких столетий, что связано с размерами, морфологическими особенностями строения ледников и условиями их питания.

Пульсирующие ледники есть во многих горно-ледниковых районах земного шара. Благодаря аэрофотосъемке, проведенной за последние 20—30 лет почти во всех ледниковых областях мира, удалось выявить сотни ледников такого класса в Северной и Южной Америке, в Исландии и Гималаях, в Альпах и Каракоруме, в Новой Зеландии и на Свальбарде (Шпицберген), а также в других районах планеты. Имеются косвенные признаки пульсаций ледников в Антарктиде и Гренландии. На территории нашей страны к началу 1972 г. по результатам аэрофотосъемок пока установлено 70 пульсирующих ледников, которые кроме Памира и Кавказа отмечены еще на Тянь-Шане и Камчатке. Вероятно, они есть и в других

местах, но пока дожидаются того времени, когда их обнаружат гляциологи при составлении «Каталога пульсирующих ледников». За последние 15 лет на территории СССР было зафиксировано около 20 резких продвижений ледников на расстояние от нескольких десятков метров до 7,5 км...

Изучением ледниковых пульсаций и разработкой методов их прогнозирования в нашей стране занимается отдел гляциологии Института географии АН СССР. На различных ледниках Памира, Кавказа и Тянь-Шаня его сотрудники ведут наземные наблюдения, производят повторные фототеодолитные съемки и другие исследования. Руководит этими работами один из ведущих советских гляциологов доктор географических наук Л. Д. Долгушин. Что же удалось выяснить ученым в результате экспедиционных наблюдений и анализа литературных и картографических источников?

Сравнительно недавно был сделан вывод, что те значительные и быстрые подвижки отдельных ледников, которые не зависят от изменений климата, представляют собой вполне закономерное явление. Ритмичный характер движения пульсирующих ледников обусловлен их внутренними неустойчивыми динамическими условиями. Непосредственной причиной таких продвижений, скорее всего, служит скачкообразная разрядка напряжений, постепенно накапливающихся в ледниковом теле. Этому моменту предшествует период, во время которого в леднике накапливаются значительные массы фирна и льда. У «нормальных» ледников эти излишки постепенно разгружаются в их обычном медленном движении, в то время как у пульсирующих такое движение затруднено рядом причин и разгрузка «лишнего» льда происходит очень быстро при переходе ледника в некоторое критическое состояние, например, при резком уменьшении трения его о ложе. Становящаяся от года к году все тяжелее масса ледника вызывает внутри него повышение температуры и появление на днище своеобразной

смазки — талой воды, способствующей ускорению движения ледника. Так происходит резкий сдвиг, ледник раскалывается на множество отдельных блоков. Пластическое течение льда тогда сменяется глыбовым скольжением по ложу или внутриледниковым разломом. Ледниковая волна вспучивает поверхность языка и с большой скоростью распространяется вниз. Когда излишки этой энергии израсходуются, наступающий до того конец ледника останавливается. За время всей подвижки ледник не меняет своей массы — она лишь перемещается из одной его части в другую. Требуется несколько лет, чтобы выдвинувшийся в долину язык разрушился и растаял. А в верховьях уже идет активное накопление новых масс льда — подготавливаются благоприятные условия для следующей подвижки...

В наше время еще не созданы технические средства, позволяющие предупреждать, останавливать или предотвращать опасные последствия внезапных «нападений» ледников. Возможно, что одним из таких радикальных способов борьбы с подвижками могла бы быть система дамб, плотин и других сооружений, подобных противоселевым алмаатинским.

Что же нужно делать сейчас в первую очередь? Человеку еще не под силу борьба с катастрофическими подвижками ледников. Пока он должен научиться их предсказывать. Для этого прежде всего необходимо выяснить механизм ледниковых пульсаций и до конца познать их причины, которые еще остаются недостаточно изученными. Катастрофические последствия ледниковых пульсаций всегда волновали людей больше, чем причины, их вызывающие. В последние годы гляциологи Советского Союза и ряда стран Европы и Америки стали проявлять все более заметный интерес к механизму и причинам ледниковых пульсаций. Этой большой научной задаче будут посвящены несколько докладов советских и иностранных гляциологов на Международном симпозиуме, посвященном роли снега и льда в гидрологии (сентябрь 1972 г., Канада).

Ледник Медвежий во время подвижки 1963 г.

Фото Ю. М. Кривоносова

Василий Григорьевич Фесенков

12 марта 1972 г. остановилось сердце Василия Григорьевича Фесенкова — выдающегося советского ученого, организатора советской астрономической науки и человека редких душевных качеств.

Василий Григорьевич Фесенков был великим оптимистом и тружеником. Несмотря на тяжелое состояние, в котором он находился в течение последнего года жизни, он не терял присущей ему работоспособности и устремленности в будущее. Готовясь к очередному выступлению на XV Метеоритной конференции, он составлял конспекты и за день до кончины писал тезисы своего доклада.

Непрерывная научная деятельность была его естественным состоянием на протяжении шести с половиной десятков лет. Его первая большая научная работа по вычислению окончательной орбиты кометы Морхауза (оставшаяся в рукописи и, к сожалению, не сохранившаяся) была выполнена в 1908 г. на втором курсе Харьковского университета и в 1909 г. удостоена большой золотой медали университета. Последняя научная статья академика В. Г. Фесенкова — о происхождении наиболее интересного и загадочного вида метеоритов — углистых хондритов — сдана в печать за месяц до кончины и выйдет в свет лишь в 1973 г.

Жизнь ученого можно сравнить с жизнью далекой звезды: звезда угасает, а свет ее все еще летит во Вселенной, освещая далекие планеты; ученый умирает, а его последние труды, голос его мысли лишь спустя какое-то время зазвучит для читателя...

В. Г. Фесенкова без преувеличения можно назвать энциклопедистом в астрономии XX века. Его научные работы — а их более 600 — относятся к самым различным областям современной астрономии. Нет почти ни одной крупной астрономической проблемы, в решении которой В. Г. Фесенков не принял бы деятельного и плодотворного участия. Широта его интересов и глубина знаний в каждой области поразительны. Его пристальное внимание привлекала вся Солнечная система и каждая ее часть в отдельности: планеты, кометы, астероиды, метеориты, межпланетная пыль. С таким же глубоким интересом В. Г. Фесенков обращался и к проблемам звездной астрономии и астрономии туманностей. Он изучал движение, физические характеристики, строение, развитие, происхождение звезд и звездных систем, вплоть до Галактики и даже Метагалактики. А среди отдельных звезд особенно интересовало Василия Григорьевича наше Солнце. Изучение Солнца он начал на самодельном 4-дюймовом телескопе еще подростком и продолжал всю жизнь.

В исследованиях Вселенной главным для В. Г. Фесенкова всегда был наиболее важный в современной астрономии астрофизический аспект, граничивший нередко с проблемами физики и геофизики. Василий Григорьевич немало сил отдал изучению свойств земной атмосферы. С его именем связаны теоретические работы по рассеянию и поляризации света в атмосфере, а также создание новых инструментов (специальные фотометры, поляриметр). Эти исследования были вызваны задачами



В. Г. Фесенков (13.I.1889 — 12.III.1972)

изучения диффузной газо-пылевой составляющей Солнечной системы, которая порождает зодиакальный свет, противосияние и частично свечение ночного неба. Точное исследование этих явлений, чрезвычайно важных для решения космогонических вопросов, В. Г. Фесенков начал первым в мире, блестяще защитив в 1914 г. в Париже докторскую диссертацию по зодиакальному свету.

Научные интересы В. Г. Фесенкова были столь необъятны, что многие начатые им работы продолжали уже другие, но само появление новых идей или постановка новой задачи, предложение оригинального подхода к проблеме служили стимулом к дискуссии и дальнейшим поискам решений. Для него был характерен комплексный подход к решению проблем. Построение математически строгой теории сочеталось с наблюдениями и изобретательской деятельностью.

Для астрофизических и атмосферно-оптических исследований В. Г. Фесенков организовал и провел не одну экспедицию в малонаселенные и труднодоступные места. Последняя его экспедиция состоялась в Ливийскую пустыню (Египет) в 1957 г., когда ученому было уже около 70 лет. А до этого было пять экспедиций по наблюдению солнечных затмений (1914—1945 гг.), несколько экспедиций в пустынные и горные районы Средней Азии, в Уссурийскую тайгу, где порой требовались настоящая самоотверженность и мужество. После одной из экспедиций в горы Заилийского Алатау в 1942 г. заболела брюшным тифом жена В. Г. Фесенкова, участвовавшая в экспедиции, а затем заразился тифом и умер шестилетний сын. Еще раньше, в 1941 г., погиб на фронте старший сын ученого... И только непрерывная самоотверженная работа помогала переносить тяжелые утраты.

В. Г. Фесенков всегда стремился добраться до первопричины исследуемого им явления. Так, изучение обстоятельств падения метеорита завершилось расчетом орбиты и доказательством его астероидной (Сихотэ-Алинский) или кометной (Тунгусский) природы. Исследование планет и Солнца, главным образом с точки зрения астрофизики, привело В. Г. Фесенкова к разработке космогонических гипотез. С этой же целью он изучал метеориты. Его обоснованное убеждение в невозможности высших форм растительной жизни на Марсе, не разделявшееся многими, подтвердилось лишь в эпоху космических исследований. Не теряет научного значения интересная мысль ученого о существенной роли в звездной космогонии процессов резких сжатий диффузной материи, в результате чего образуются уплотненные волокна, в которых могут начаться процессы звездообразования. Еще в 1951 г. в одной из статей о Сихотэ-Алинском метеорите В. Г. Фесенков теоретически рассмотрел исключительно важную для современной космонавтики проблему — движение крупного тела с космической скоростью в атмосфере Земли. Наконец, в самые последние годы В. Г. Фесенков высказал идею и разработал метод изучения земной атмосферы с помощью фотометрических наблюдений искусственных спутников Земли.

Незаурядной была и организационная деятельность Василия Григорьевича. При его непосредственном участии в 1923 г. создан первый крупный астрофизический центр в нашей стране — Российский астрофизический институт (в дальнейшем объединенный с Астрономо-геодезическим институтом в Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга), а в 1942 г. — Институт астрономии и физики АН КазССР, из которого впоследствии выделился Астрофизический институт АН КазССР. В течение многих лет В. Г. Фесенков руководил этими институтами, а в 1936—1937 гг. возглавлял созданный в значительной степени благодаря его уси-

лиям первый общесоюзный координационный центр астрономических исследований — Астрономический совет АН СССР. С 1945 г. на протяжении четверти века он руководил Комитетом по метеоритам АН СССР. В. Г. Фесенков был одним из зачинателей астрономического образования в нашей стране, организатором и многолетним главным редактором «Астрономического журнала» и сборника «Метеоритика».

Василий Григорьевич всегда находил время для популяризации достижений астрономической науки. Он автор многих популярных книг и брошюр, активный член редколлегии журнала «Земля и Вселенная» с первых дней его основания. На страницах этого журнала опубликовано несколько научно-популярных статей В. Г. Фесенкова. Несмотря на занятость, Василий Григорьевич часто заходил в редакцию обсудить ту или иную статью, подсказать интересную тему.

Член-корреспондент с 1927 г. и академик АН СССР с 1935 г. В. Г. Фесенков награжден тремя орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени и медалями.

Есть и еще одна сторона личности ученого, которая запечатлевается доброй памятью в сердцах людей. Это — духовные качества человека. Они проявляются и познаются при непосредственном общении и чаще в трудные моменты жизни. У всех, кто знал Василия Григорьевича лично, навсегда сохраняются в памяти его высокая принципиальность, честность в решении научных и гражданских проблем, независимо от соображений о карьере, удобствах и даже о жизненной судьбе, его деятельная отзывчивость, участие в судьбах людей, независимо от их положения, его крайняя требовательность к себе и другим. В. Г. Фесенков резко критиковал бюрократическую волокиту во время подготовки первой астрофизической экспедиции в 1921 г. Экспедиция долго не могла приобрести необходимое снаряжение. И лишь когда ученый обратился непосредственно к В. И. Ленину, экспедиция получила все, что ей требовалось. Перед отъездом В. Г. Фесенков передал Ленину список 57 инстанций, в которые ему пришлось обращаться, и этот список был включен в статью, опубликованную по рекомендации Ленина в «Правде» (12 декабря 1921 г.).

Привычка довольствоваться малым в быту, многое делать своими руками, знание цели и настойчивость в ее достижении, неиссякаемый интерес к новым проблемам, принципиальность, наконец, скромность и равнодушие к почестям — все это составляет прекрасный образ большого ученого и человека большой и благородной души. Замечательный пример деятельной жизни Василия Григорьевича Фесенкова всегда будет жить в сердцах тех, кому посчастливилось хотя бы короткое время работать рядом с ним.

Редакционная коллегия



SETI-71



ЭВОЛЮЦИЯ РАЗУМА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА НА ЗЕМЛЕ

Инициаторы дискуссии — Д. Хью-бел, Р. Ли, К. Флэннери.

Формированию древних цивилизаций на Земле было посвящено выступление американского историка К. Флэннери (Мичиганский университет). Он отметил, что процесс зарождения цивилизаций можно считать типичным, так как многие цивилизации возникли в разное время, в разных местах и независимо друг от друга.

Менее определенным является вопрос о закономерностях появления развитой технологии. Советский историк Р. Г. Подольный рассматривает это как необходимый этап развития цивилизации.

Близкую точку зрения, но с совершенно иных позиций развивал Э. С. Маркарян (Институт философии и права АН АрмССР). Суть цивилизации, по мнению Э. С. Маркаряна, состоит в способности живых существ вырабатывать систему внебиологических (по своему источнику) средств и механизмов для адаптации к среде и поддержания своей коллективной жизни. Такими механизмами служат материально-технологическая система, сознание, язык, мораль, право, социальные институты. Маркарян предложил определить цивилизацию «как особый способ деятельности, базирующийся на использовании внебиологически выработанных средств и механизмов, благодаря которым решаются встающие перед системой в ходе ее исторической практики многообразные проблемы».

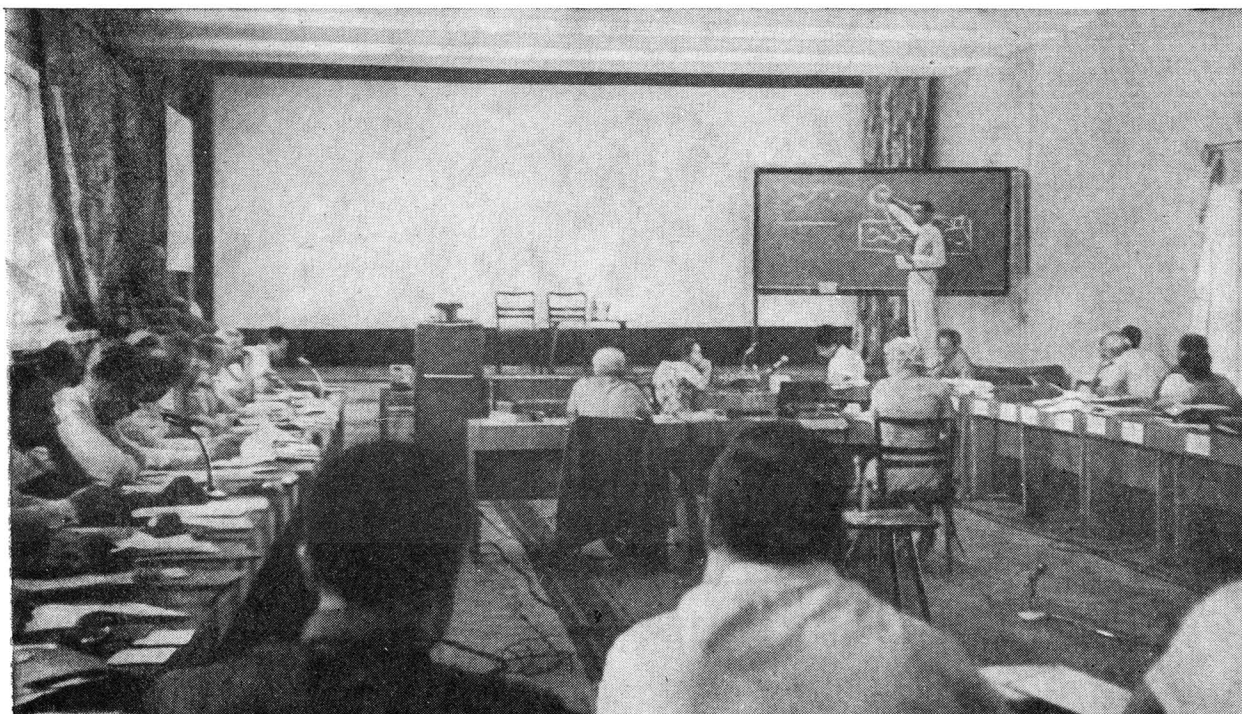
ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ

Инициаторы дискуссии — член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский (Институт космических исследований АН СССР) и профессор Дж. Платт (Мичиганский университет, США).

И. С. Шкловский обратил внимание на необычность ситуации, связанной с предметом изучения SETI. Действительно, речь идет о такой области научного исследования, о которой пока еще нельзя сказать, что она изучает реально существующие объекты. Впрочем, гипотетические объекты также могут быть предметом научного обсуждения*.

* Можно думать, что предметом изучения SETI являются не сами внеземные цивилизации, а главным образом методы их обнаружения, способы установления связи и возможные последствия контакта с ними. Подобное понимание предмета SETI вовсе не ограничивает всю проблему так называемым «связным аспектом», так как чисто технические потребности расчета линий связи, постановка экспериментов по обнаружению внеземных цивилизаций требуют определенных данных о их распространенности во Вселенной, уровне и характере развития. Методика поиска зависит от исходных предположений, а результаты поиска станут проверкой этих предположений. Разумеется, если внеземные цивилизации будут когда-нибудь обнаружены, картина совершенно изменится: именно они станут предметом научного изучения (вероятно, будет изучаться их культура, история, закономерности развития, способ мышления и т. д.). Тогда появятся и соответствующие науки, у них будет свое название и свой предмет изучения — внеземные цивилизации.

Окончание. Начало в предыдущем номере журнала.



Б. Н. Пановкин рассказывает о возможности расшифровки сигналов внеземных цивилизаций

Касаясь вопроса о развитии цивилизаций, И. С. Шкловский высказал предположение, что цивилизации II типа (по Н. С. Кардашеву) представляют собой искусственные разумные системы. Идею об искусственном разуме горячо поддержал М. Мински. Искусственные разумные существа могут быть лучше приспособлены к жизни в космическом пространстве, они могут оказаться более надежными, для них не существенна радиационная опасность и прочее. Общий принцип их действия, как и для любых стационарных систем, состоит в том, что они должны излучать столько же энергии, сколько поглощают, переизлучая ее в другой области спектра. Только это излучение мы и можем обнаружить. Для установления его природы необходимо опираться на определенные критерии искусственности. Все попытки интерпретировать космические объекты (которые вызывали у астрономов опреде-

ленные трудности) как примеры космического чуда потерпели неудачу. В связи с этим И. С. Шкловский выдвинул принцип презумпции естественности*, который был поддержан Ф. Дайсоном.

Закономерности развития космических цивилизаций рассматривал Дж. Платт. Он отметил, что по всем важнейшим характеристикам (рост народонаселения, рост энергопотребления, накопление информации и другие) развитие земной цивилизации происходит экспоненциально или даже быстрее, чем экспоненциально. Интересные соображения были развиты Дж. Платтом о продолжительности жизни технически развитых цивилизаций. По его мнению, это — проблема порога, а не проблема длительности. В истории каждой цивили-

зации могут встретиться определенные критические точки. Часть обществ выживет после столкновения с первой такой проблемой, они преодолеют первый порог, но вскоре встретят на своем пути второй, третий... Каждый из порогов может приводить к потере цивилизаций. Но какая-то часть их сможет найти решение всех критических проблем; эти общества преодолеют все пороги, выживут и будут существовать неопределенно долго.

Своеобразную концепцию развития общества пытался обосновать профессор Г. Стент (Калифорнийский университет). Важным психологическим мотивом прогресса, по его мнению, была борьба за власть над природой. Теперь, по мере продвижения к прогрессу, полагает докладчик, можно наблюдать упадок стремления к власти, исчезновение творческого начала, желание примирения, гармонии с природой. Гармонизация, как

* Л. М. Гиндилис. Внеземные цивилизации — объект поисков и исследований. «Земля и Вселенная», № 5, 1970 г. (Прим. ред.)

это представляется Г. Стенту, произошла в Полинезии, где люди нашли свою «райскую жизнь среди своей райской природы». Сейчас исчезновение творческого начала становится заметным в Соединенных Штатах. Если изложенный аргумент имеет космическое значение, заключает Г. Стент, то он должен привести к сокращению продолжительности жизни технически развитых цивилизаций за счет того, что часть из них может пойти по «полинезийскому» пути развития. Точка зрения Г. Стента вызвала множество возражений. Ее, в частности, оспаривал М. Мински. В модели Г. Стента не учитывается возможность строить новый разум. Мы проявляем консерватизм к своему биологическому виду, но многие могут предпочесть новые возможности, заявил М. Мински. В связи с этим он остановился на проблеме киборгизации (синтез человека и автомата).

Очень важной проблеме — расшифровке смысловой информации, содержащейся в сигналах внеземных цивилизаций, посвятил свое выступление Б. Н. Пановкин (Научный совет по комплексной проблеме «Радио-астрономия» АН СССР). Понимание смысла сообщения возможно только при условии совпадения системы понятий отправителя и получателя. А это, в свою очередь, требует полного совпадения путей филогенетического и историко-социального развития. Ссылка на объективный характер законов природы как основу для дешифровки сообщения, по мнению Б. Н. Пановкина, неправомерна, так как в своем познании мы имеем дело не с самим объектом материального мира, а с так называемыми идеальными образами (объектами познания), которые отражают лишь определенные фрагменты действительности. Причем эта фрагментация материального мира, выделение тех или иных черт его и образование соответствующих понятий зависят от всей биологической и социальной истории, оно происходит в процессе конкретной практической деятельности. И поэтому, если две цивилизации лишены возможности наблюдать и сопоставлять результаты определенной дея-



Дискуссии продолжались и за стенами зала заседаний (Ф. Дайсон и Н. С. Кардашев)

тельности (а именно такая ситуация реализуется в условиях радиоконтакта), то выделение содержательной информации и ее интерпретация, «перевод с одного языка на другой» принципиально невозможны. Точка зрения Б. Н. Пановкина не является, конечно, бесспорной. К сожалению, этот важный вопрос на конференции в достаточной мере не дискутировался.

АСТРОИНЖЕНЕРИЯ. ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕИЗВЕСТНЫХ НАМ ЗАКОНОВ ПРИРОДЫ

Инициатор дискуссии — профессор Ф. Дайсон.

Выступление Ф. Дайсона было очень кратким. Он сформулировал шесть основных принципов. 1. К черту общие рассуждения, прежде всего нам помогут наблюдения. 2. При наблюдении мы должны иметь дело с цивилизациями II и III типов. 3. Если общество достаточно развило свою технологию, то результаты его деятельности должны привести к мощному инфракрасному излучению в окружающее космическое простран-

ство. Это может служить указателем на присутствие цивилизации*. 4. Любую наблюдательную программу нельзя отделять от основного русла астрономии. В этом случае у нас есть гарантия открыть интересные астрономические феномены. Стало быть, мы можем открыть «искусственность», если она существует. 5. Обычно при рассмотрении цивилизаций слишком много внимания уделяется планетам; они хороши для происхождения жизни, но для обитания цивилизаций лучше подумать о кометах**. 6. Если кометы — явление не локальное, присутствующее только Солнечной системе, а заполняют всю Галактику, то наше представление о межзвездных путешествиях неверно. В этом случае следует искать сигналы не от отдельных

* Ф. Дайсон. Поиски внеземной инженерной деятельности. «Земля и Вселенная», № 6, 1968 г.

** Идею об использовании высокоразвитыми цивилизациями комет высказал несколько лет назад М. С. Бегларян. В связи с этим он обратил внимание на то, что необходимо исследовать радиоизлучение комет. К сожалению, ни один журнал не решился опубликовать эту гипотезу.

звезд, а от диффузных (рассеянных в пространстве) объектов. Но Ф. Дайсон не привел каких-либо убедительных аргументов в пользу своей гипотезы о кометах, поэтому она вызвала некоторое недоумение.

Г. М. Идлис (Астрофизический институт АН КазССР) напомнил об исследованиях динамики известного комплекса материи в созвездии Ориона, которые приводят к выводу о большой массе этого комплекса. Если допустить, что наряду с газом и пылью там находятся также твердые тела, то они должны иметь кометные размеры.

В докладе Н. С. Кардашева рассматривалась модель цивилизации III типа. При поиске цивилизаций, отметил Н. С. Кардашев, необходимо учитывать, что мы еще не все знаем. Одним из подобных «белых пятен» являются свойства пространства — времени. В нашем пространстве могут быть особые точки, которые «открывают вход» в другие пространственно-временные миры. Роль таких точек могут выполнять, например, привлекающие сейчас большое внимание теоретиков черные дыры*. Для пояснения своей точки зрения Н. С. Кардашев рассмотрел следующий мысленный эксперимент. Представим себе большую массу, которая сколлапсировала под свой гравитационный радиус. И пусть в поле этой массы попадет корабль с космонавтами. Что будет с ними, когда корабль погрузится под гравитационный радиус? Внешний наблюдатель этого, конечно, не заметит (для него время погружения бесконечно). Но сами космонавты, оказавшись под гравитационным радиусом, долетят до центра коллапсирующей массы за весьма малое, а отнюдь не бесконечное время (для массы порядка $10^2 M_{\odot}$ это время $\sim 10^{-3}$ сек). Обычно полагают, что космонавты там погибнут, так как тела коллапсируют до бесконечной

плотности. Однако, говорит Н. С. Кардашев, можно сделать так, чтобы они остались живы. Один из способов состоит в сжатии массивного небесного тела, несущего электрический заряд. Такое тело не достигает бесконечной плотности, коллапс останавливается около гравитационного радиуса, а затем начинается стадия расширения. Благодаря этому корабль с космонавтами вынырнет из-под гравитационного радиуса. Но где они вынырнут? Для внешнего наблюдателя они нигде и никогда не вынырнут. Но если мы предположим, что существует множество пространственно-временных миров, множество пространств, разделенных бесконечными временными интервалами, то космонавты могут вынырнуть в одном из таких пространственно-временных миров. И там их увидит уже другой наблюдатель. Таким образом, заряженная коллапсирующая масса представляет собой «машину времени», на которой можно ездить в будущее. В области антиколлапса (так называемая белая дыра) цивилизация попадает из прошлого в данный пространственно-временной мир и, пробыв в нем ровно столько, сколько ей нужно и интересно, она через черную дыру отправляется дальше в будущее, в следующий пространственно-временной мир.

Доклад Н. С. Кардашева вызвал оживленную дискуссию. В ходе ее К. Саган обратил внимание на то, что черные дыры представляют собой большую навигационную опасность и поэтому должны быть окружены маяками. По его мнению, в районе черных дыр можно ожидать обнаружения крупных технологических устройств. Т. Голд указал на то, что во внешних слоях коллапсирующей массы может иметь место какая-то другая химия. Он поставил вопрос о том, не могут ли существовать формы жизни, использующие эту псевдохимию.

Законы физики и проблема внеземных цивилизаций — такова была тема выступления академика В. Л. Гинзбурга. Возможно ли, что на других мирах, потенциальных центрах внеземных цивилизаций, действуют другие законы физики? Хотя мы «там

не были» и никаких прямых данных об условиях на этих планетах у нас нет, допущение «другой» физики противоречит основному принципу, на который опирается развитие естествознания (принцип эквивалентности). Вместе с тем, говорит докладчик, не следует забывать, что, распространяя законы земной физики на космос, мы вынуждены экстраполировать очень далеко. При этом установленные законы физики могут оказаться неточными. В. Л. Гинзбург отметил три аспекта вопроса о точности физических законов применительно к внеземным цивилизациям. Первый — допущение другой космологии. Как известно, в общей теории относительности гравитационная постоянная не зависит от времени. Однако существуют такие космологические модели, для которых гравитационная постоянная есть функция времени. При такой космологии и законы физики должны быть иными. Правда, из наблюдений можно получить верхнюю границу для скорости изменения гравитационной константы, причем эта величина оказывается весьма малой, так что допустимым в принципе изменением законов физики можно пренебречь для всех цивилизаций, расстояние до которых меньше 1000 световых лет. Следующий аспект связан с так называемыми редкими событиями, с невозможностью полностью «запретить» подобные события, хотя они крайне маловероятны. Например, в известной космологической модели Ф. Хойла (стационарная космология) атомы водорода рождаются «из ничего», хотя и очень редко: 1 атом водорода появляется в объеме 1 км^3 за 1 год. Никакие земные наблюдения не противоречат такой возможности. Не случайно для опровержения стационарной космологии привлекались не законы земной физики, а данные внегалактической астрономии. По мнению докладчика, редкие события могут играть определенную роль в процессах мутационного типа (наподобие биологических мутаций). Третий аспект вопроса о точности физических законов состоит в том, что они имеют ограниченную область применимости. Например, мы не зна-

* Р. Уффи и Дж. Уилер. Знакомьтесь: черная дыра. «Земля и Вселенная», № 2, 1972 г.; П. Р. Аминуваль. Невидимые миру звезды. «Земля и Вселенная», № 2, 1972 г. (Прим. ред.)

ем о поведении вещества при плотности больше ядерной. Однако это не относится к организмам, построенным из молекул. Если говорить о таких организмах и о таких цивилизациях, то, как подчеркивает В. Л. Гинзбург, можно совершенно надежно базироваться на известных физических законах (с оговоркой о редких событиях).

Сказанное, конечно, не означает, что организмы, построенные на молекулярном уровне, обязательно близки земным организмам. В качестве примера В. Л. Гинзбург указал на возможность существования сверхпроводящих структур при высокой температуре, вплоть до 300° К. Он подчеркнул, что эта возможность особенно велика для сложных слоистых и нитевидных структур. Но именно такие структуры встречаются в биологии. Поэтому физике никак не противоречит представление о том, что на других планетах живые существа состоят из сверхпроводящих веществ, созданных в результате биологической эволюции.

Вместе с тем, представляет, конечно, интерес возможность существования организмов, построенных не на молекулярном уровне. В. Л. Гинзбург поддержал идею Дж. Коккони о возможности существования жизни на уровне элементарных частиц. В связи с этим в дискуссии Ф. Крик отметил, что серьезное отношение к этой мысли требует оценки вероятности реализации достаточно сложных комбинаций на уровне элементарных частиц и времени их жизни.

Вопрос о применимости законов физики к внеземным цивилизациям вызвал оживленную дискуссию. По мнению К. Сагана, нельзя предполагать, будто все законы физики открыты в текущем году (он назвал такое предположение «интеллектуальным эшовинизмом»). Внеземным цивилизациям могут быть известны другие законы, которые еще скрыты от нас. Не там ли находятся каналы связи СЕТИ? Возражая, Ф. Моррисон рекомендовал начинать с предположения о том, что где-то существуют такие же общества как мы, использующие те же законы физики, и оценить воз-

можности связи с ними. Фон Хорнер (Национальная радиоастрономическая обсерватория, США) отметил, что если существуют высокоразвитые цивилизации, использующие другие, неизвестные нам каналы связи, то эти цивилизации, скорее всего, должны знать, как связаться с такими «космическими младенцами» как мы, земляне. Правда, не исключено, что у «них» существует «нижний предел» интереса. Было бы очень важно узнать, находимся ли мы за этим пределом? Проверить это, подчеркнул фон Хорнер, можно только экспериментально.

Единственный доклад о межзвездных перелетах был представлен профессором Г. Марксом (Будапештский университет, ВНР). Он рассмотрел движение межзвездного корабля под действием светового давления лазерного луча. Основная проблема здесь — возвращение обратно. Очевидно, отправить корабль обратно должна другая цивилизация. А поскольку мы еще не располагаем подобной техникой, полушутя заключил докладчик, к нам никто и не прилетал.

СОЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ КОНТАКТА С ВНЕЗЕМНЫМ РАЗУМОМ

Инициатор дискуссии — профессор Ф. Моррисон.

Основное значение для нас, по мнению Ф. Моррисона, будет иметь не количество полученной информации, а ее качество. Первый позывной будет самым важным шагом; интерпретация всего сообщения придет много позднее, это будет длительный процесс. Хотя сигнал внеземной цивилизации явится богатым вкладом в нашу культуру, он не станет доминировать над человеческим опытом: определяющим фактором по-прежнему останутся внутренние силы человеческого общества. Аналогичную мысль высказал в дискуссии известный американский историк Мак-Нейл (Чикагский университет). Установление факта, что мы не одиноки во Вселенной, вызовет большие психологические последствия, сказал он, но в разmere

человеческого опыта эффект окажется не очень большим.

Что касается содержания межзвездных посланий, то, по мнению Ф. Моррисона, в них будет больше истории и искусства, больше рассказов, чем законов естествознания, хотя сообщения, конечно, могут содержать описание передатчиков и другую естественнонаучную информацию.

Ф. Моррисон, учитывая огромные масштабы космических расстояний, полностью отрицал возможность военных устремлений высокоразвитых цивилизаций. В таком же смысле высказался В. Л. Гинзбург. Надо с большой ответственностью заявить, подчеркнул он, что контакты с внеземными цивилизациями (имеется в виду радиоконтакт) не несут никакой опасности.

ПОИСКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

Инициаторы дискуссии — Ф. Дрейк и Н. С. Кардашев.

Обсуждению этой важной темы был посвящен предпоследний день работы конференции. В обсуждении приняли участие многие ученые.

По мнению Ф. Дрейка, в настоящее время единственным наиболее быстрым, эффективным и экономическим средством установления связи с внеземными цивилизациями является использование электромагнитных волн. В качестве иллюстрации Ф. Дрейк привел следующие данные. Сигналы радиолокатора, установленного в фокусе большой чашеобразной антенны (Аресибо, Пуэрто-Рико) можно обнаружить аналогичной аппаратурой на расстоянии 2 кпс. Сейчас проектируется новый локатор. Когда он войдет в строй, дальность обнаружения возрастет до 10 кпс. Ф. Дрейк подробно остановился на проблеме поиска сигнала по частоте и направлению. Несмотря на значительные трудности, он считает, что продолжительный систематический поиск в сочетании с использованием современной вычислительной техники для анализа поступающего излучения может привести к обнаружению сигналов внеземных цивилизаций.



В. С. Троицкий и К. Келлерман в кулуарах конференции

Проблема оптимального диапазона волн рассматривалась также в докладе Н. С. Кардашева. Он предложил изыскать такие методы передачи сигналов, которые позволят затратить наименьшее количество энергии в расчете на один импульс. Следует заметить, что задача об оптимальном диапазоне волн решается по-разному, в зависимости от того, идет ли речь о поиске абонента, положение которого в пространстве совершенно неизвестно, или же о поиске сигналов от определенных объектов (например, от ближайших звезд или ближайших галактик). В первом случае оптимальный диапазон 10^9 — 10^{11} гц. Во втором — следует принимать во внимание собственное излучение тех объектов, от которых ожидают сигналы. Так, для поиска сигналов от ближайших звезд выгодно использовать инфракрасный и субмиллиметровый диапазоны спектра. Обоснованию этого положения было посвящено выступление В. И. Мороза.

Еще дальше, в сторону высоких частот, предложил продвинуться профессор Ч. Таунс (Калифорнийский университет, США). Он настаивал на перспективности оптических лазеров. По мнению Ч. Таунса, при расстоянии меньше 5000 световых лет лазеры вполне способны конкурировать с радиотехническими средствами связи. Особенно перспективно использование лазеров при поиске сигналов от ближайших звезд. Последние интересны для нас потому, что мы сами можем представлять интерес для цивилизаций, обитающих в их планетных системах. Но когда положение абонента в пространстве совершенно неизвестно, для установления контакта выгоднее использовать радиосигналы. Ч. Таунс подчеркнул, что при неопределенности наших знаний в области СЕТИ в настоящее время нельзя быть очень категоричным. По его мнению, надо идти различными путями, в частности, использовать разные частоты.

С весьма обстоятельным докладом выступил профессор Б. М. Оливер (Стэнфордский университет, США). Он рассказал о проекте поиска сигналов от внеземных цивилизаций под названием «Циклоп». Проект предусматривает использование многоэлементной антенной системы, насчитывающей до 10 000 зеркал диаметром 20—30 м со сложной системой коммутации. Многоэлементную систему гораздо проще реализовать, чем одну большую антенну эквивалентной площади. К тому же (и это очень важно), потенциал многоэлементной системы может наращиваться постепенно. В проекте рассматриваются различные схемы аппаратуры. Для поиска сигналов по частоте предлагается использовать до 10^6 частотных каналов. Полная стоимость проекта, вероятно, составит несколько миллиардов долларов. Проектные разработки, в которых активное участие принимали студенты Стэнфордского университета, обошлись в 100 000 долларов.

Член-корреспондент АН СССР В. С. Троицкий рассказал о поиске узкополосных сигналов от ближайших звезд в диапазоне 927 мгц и о попытках поиска импульсных сигналов из космоса. При поиске импульсных сигналов использовался одновременный прием на нескольких далеко разнесенных станциях. Хотя поиски пока не дали положительных результатов, профессор К. Саган (председатель американской части оргкомитета), выражая теплые отношения участников конференции к выступлению В. С. Троицкого, отметил, что это первый после реализации проекта «Озма» практический поиск сигналов внеземных цивилизаций. Он поздравил В. С. Троицкого и пожелал ему успехов в работе.

В сообщении Л. М. Гиндилиса (ГАИШ, Москва) рассматривался метод передачи позывных с использованием импульсных сигналов. Как известно, при распространении в межзвездной среде импульсы искажаются: вследствие дисперсии низкочастотные составляющие импульсов задерживаются относительно высокочастотных, импульс расплывается и его

поисковая мощность падает. Этот отрицательный эффект можно не только нейтрализовать, но и заставить работать в нужном направлении, если при передаче искусственно вводить компенсирующие задержки, противоположные тем, которые возникают в межзвездной среде. Тогда в пункте приема можно наблюдать короткий, широкополосный (что практически исключает поиск по частоте) импульс с высокой пиковой мощностью. Если положение абонента в пространстве заранее неизвестно, отправителю следует производить поиск по дальности. Тогда в точке наблюдения будут отмечаться очень интересные свойства сигнала (изменение величины и знака запаздывания), что может послужить поводом для привлечения внимания к источнику излучения.

Об использовании предельно коротких импульсов в качестве позыв-

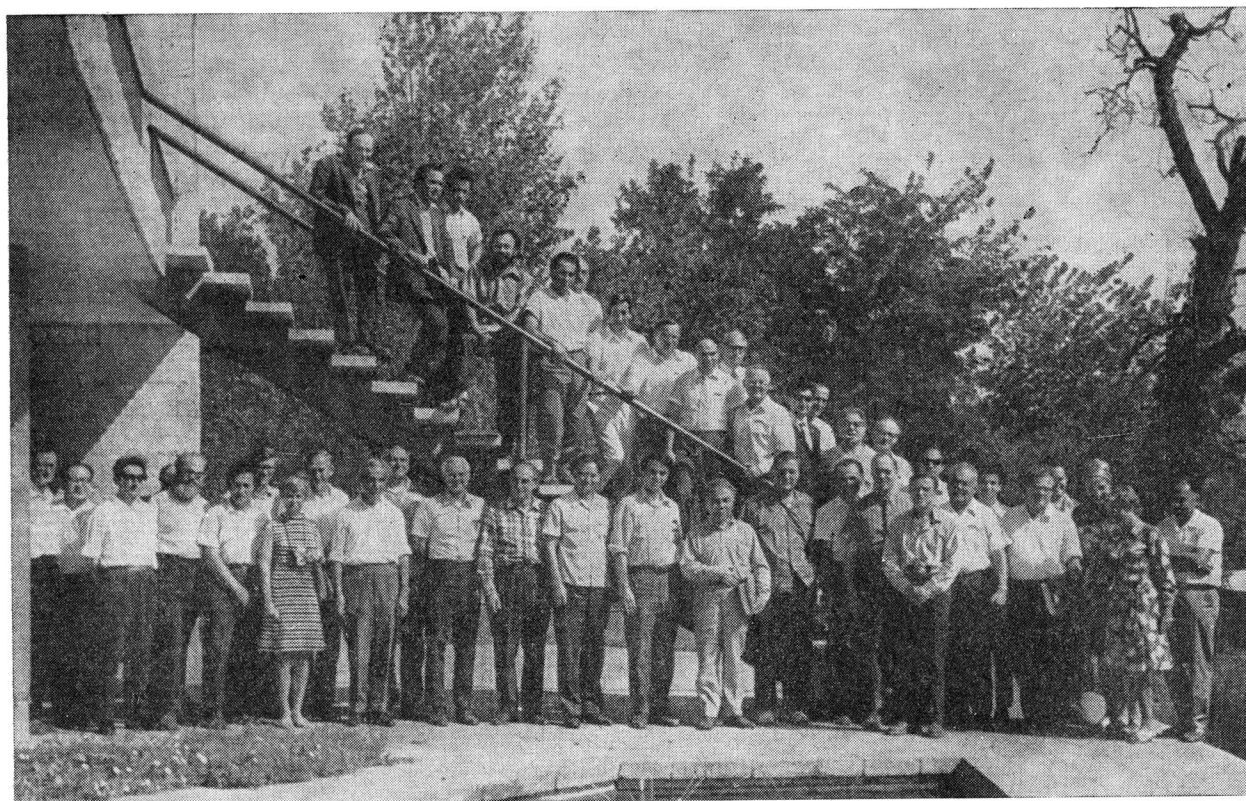
ных внеземных цивилизаций говорил в своем выступлении профессор Н. Т. Петрович (Всесоюзный заочный электротехнический институт связи, Москва). Он остановился на вопросах использования ЭВМ для обработки сигналов, обучения языку отправителя и, вообще, для «проигрывания» ситуации межзвездной связи.

В сообщении Ю. П. Кузнецова (Московский энергетический институт) рассматривались структура проблемы СЕТИ и методы передачи изображений в системе СЕТИ. Любой организм для ориентации в пространстве должен развить механизмы построения «изображений», т. е. пространственных моделей объектов окружающего мира. Это достигается не только путем развития органов зрения, может использоваться, в частности, звуко-локация (как у дельфинов). Тогда организмы будут иметь представление

об изображении как пространственной модели объекта. Поэтому передача изображений является подходящим способом для установления контакта между цивилизациями. Ю. П. Кузнецов предложил метод передачи изображения, в котором развертка проводится не по времени, а по естественным координатам сигнала (таким, как частота, поляризация и т. д.)^{*}.

Обсуждение проблемы поиска информационных сигналов завершилось сообщением Б. В. Сухотина (Институт русского языка АН СССР), который рассматривал методы дешифровки произвольного текста.

^{*} Ю. П. Кузнецов. Сигналы внеземных цивилизаций — какими они могут быть? «Земля и Вселенная», № 1, 1972 г.



Советские радиоастрономы и их зарубежные коллеги — участники Международной конференции по проблеме связи с внеземными цивилизациями

На заключительном заседании после продолжительного и детального обсуждения была принята резолюция конференции. В ней отмечено, что хотя по отдельным вопросам мнения участников конференции не совпадали, «участники согласны с тем, что перспективы контакта с внеземными цивилизациями достаточно благоприятны для того, чтобы оправдать развертывание ряда хорошо подготовленных программ поиска; они также согласны с тем, что существующая технология дает возможность установления контактов с цивилизациями» и что «попытки установления такой связи заслуживают существенных усилий». Конференция рекомендовала начать новые конкретные исследования в области поиска сигналов от внеземных цивилизаций и наметила некоторые возможные направления исследований:

проведение поиска сигналов и следов астроинженерной деятельности от нескольких сот ближайших звезд и ограниченного числа других избранных объектов в интервале от оптического до дециметрового диапазонов на существующих крупнейших астрономических инструментах;

поиск сигналов от ближайших галактик, входящих в Местную систему, включая поиск сильных импульсных сигналов;

исследование фонового излучения, особенно в области его минимума и в субмиллиметровой области спектра с целью изучения пригодности этого диапазона для обнаружения внеземных цивилизаций;

проектирование новых крупных астрономических инструментов, включая систему постоянного контроля за излучениями всего неба.

Для координации национальных исследований и для ускорения прогресса в области SETI конференция рекомендовала создать Международную рабочую группу.

Л. М. ГИНДИЛИС
кандидат физико-математических наук

Фото П. В. Клушапцева



Авиация и космонавтика— прошлое и настоящее

Исторически сложилось так, что на протяжении последних десятилетий авиация, а затем космонавтика неизменно находились на переднем крае научно-технического прогресса. Этим объясняется тот большой интерес, который проявили делегаты и гости XIII Международного конгресса по истории науки (Москва, август 1971 г.) к проблемам истории авиации и космонавтики.

Академик А. А. Благонравов и действительный член Международной академии астронавтики В. Н. Соколовский своим докладом открыли работу секции «История авиационной, ракетной и космической науки и техники». Они подчеркнули большое значение исторического подхода при оценке развития авиации и космонавтики, систематизировали и охарактеризовали состояние исследований в этой области науки, сформулировали основные задачи ее дальнейшего развития.

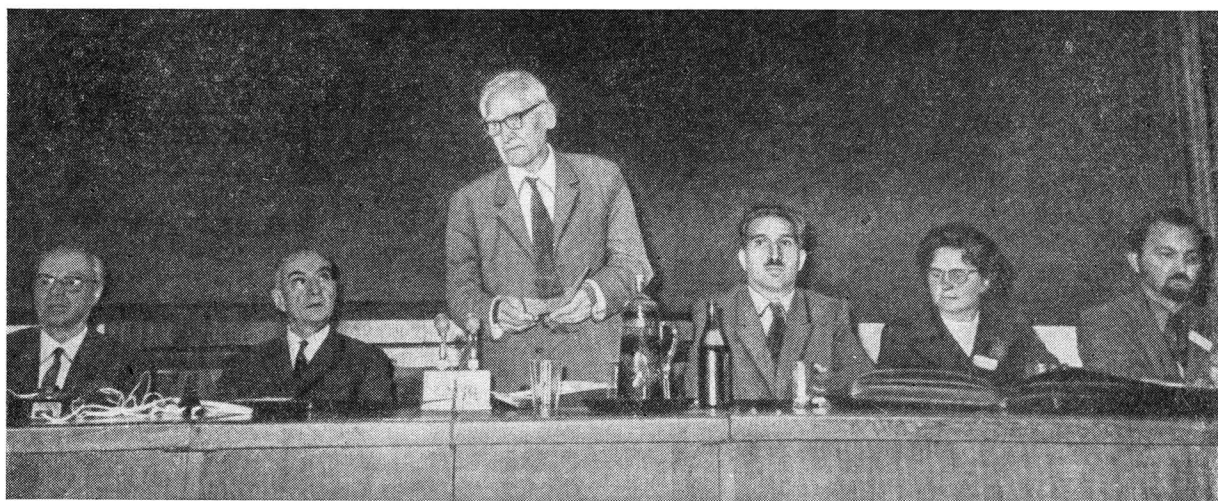
Все доклады, прочитанные и обсужденные на заседаниях секции, а их около тридцати, разнообразны по тематике, но с определенными оговорками их можно объединить в несколько групп. Кроме докладов, носящих методологический характер, были представлены результаты исследований развития отдельных отраслей авиационной и ракетно-космической науки и техники, а также развития авиации и космонавтики в отдельных странах. Особую группу со-

ставляют доклады, прочитанные на специальном тематическом заседании «Роль отдельных ученых и научных школ в развитии ракетно-космической техники».

Доклады первой группы представляют несомненный интерес с точки зрения выявления тенденции формирования отдельных областей авиации и космонавтики, установления внешних и внутренних факторов, определяющих это формирование и, как логическое продолжение полученных закономерностей, моделирование возможных путей будущего развития.

Рассматривая задачу осуществления космического полета, невозможно однозначно ответить на вопрос, какой функциональной системе космического летательного аппарата принадлежит определяющая роль. Для каждого исторического этапа и, соответственно, для определенных задач характерны свои конкретные проблемы. Но проблема энергетики, пожалуй, проходит через все этапы и существенна для любого из них.

Основой космической энергетики сейчас могут быть названы жидкостные ракетные двигатели (ЖРД). Впервые такие двигатели в СССР были созданы в 1929 г., в них практически воплотились идеи пионеров ракетной техники и прежде всего идеи К. Э. Циолковского. Профессора В. М. Кудрявцев, Е. К. Мошкин и доцент Н. В. Рutowский рассказали на секции о не-



Работу секции открывает академик А. А. Благоврагов

которых последующих исследованиях теории ЖРД, процессов горения, выбора топлив.

Большинство докладов на секции посвящалось вопросам космонавтики, и даже вопросы авиационной тематики в какой-то мере были связаны с космонавтикой. Доклад, с которым выступил профессор Т. М. Мелькумов, содержал детальный анализ процесса становления и развития реактивной техники в авиации. Основываясь на историко-научном подходе, докладчик показал, что дальнейшее увеличение скорости полета самолетов связано с необходимостью перехода к комбинированным силовым установкам: турбопрямоточным, ракетно-прямоточным и другим. А такого типа силовые установки в ближайшем будущем, возможно, найдут применение в космонавтике для осуществления полета в атмосфере.

Кандидат технических наук В. И. Дудаков выявил некоторые элементы взаимосвязи авиации и космонавтики почти сорокалетней давности. Он рассмотрел возникновение идей и первые конструктивные реализации стартовых ракетных ускорителей для облегчения взлета самолетов.

Доклад профессора К. П. Феоктистова был посвящен анализу этапов развития космических кораблей. Все

проектные решения, определившие направление работ и облик первого космического корабля, были приняты в 1958 г., а в 1960 г. состоялись первые беспилотные полеты кораблей-спутников. По результатам этих полетов в сентябре-ноябре 1960 г. проект космического корабля был существенно доработан, уточнен состав и основные параметры систем, усовершенствована конструкция *. 12 апреля 1961 г. Юрий Алексеевич Гагарин впервые в истории человечества проложил путь в космос.

При подготовке и осуществлении космических полетов очень трудно установить оптимальное соотношение научных программ и мероприятий по инженерному обеспечению безопасности космического полета. Так Л. Свенсон (США) в своем докладе пытался выявить взаимоотношение науки и техники на отдельных этапах выполнения программы «Аполлон». Докладчик показал сравнительное участие ученых и инженеров в эти моменты, а также те основные факторы, которые в конечном счете позво-

лили решить проблему надежности, но снизили научную ценность первых полетов американских пилотируемых космических кораблей к Луне.

Анализ этапов становления ракетной техники в Польше провел М. Сибатович (Польша), в Америке — М. Шарп (США).

Специальное тематическое заседание было посвящено исследованию деятельности ученых разных стран в области космонавтики. Например, теоретическим разработкам Г. Оберта посвятила свой доклад Э. Рот-Оберт (ФРГ). Теоретические исследования по проблемам техники космического полета и важнейшие технические проекты другого немецкого ученого — Е. Зенгера были рассмотрены в докладе И. Зенгер-Бредт и Е. Шефера (ФРГ).

Развитие космонавтики в СССР и за рубежом в основном следует по пути, указанному К. Э. Циолковским. Влияние идей К. Э. Циолковского сохранится и в дальнейшем. Так утверждал в своем докладе профессор М. К. Тихонравов.

К числу энтузиастов космонавтики, внесших свой вклад в ее развитие, принадлежит, в частности, и Ю. В. Кондратьев, который приступил к теоретическим исследованиям в 1916 г. О многих оригинальных предложени-

* К. П. Феоктистов. Развитие советских пилотируемых космических кораблей. «Земля и Вселенная», № 1, 1970 г.



С докладом выступает Э. Рот-Оберт (ФРГ) — дочь немецкого ученого Г. Оберта, одного из основоположников ракетной техники и космонавтики

метить такие, как создание бездымного шашечного пороха и разработка и применение ракетных снарядов. Другое направление исследований ГДЛ, которое оформилось с середины 1929 г., — разработка электрических и жидкостных ракетных двигателей. В 1929 г. был закончен проект космического корабля «Гелиоракетоплан», имевшего вид поллой сферы с кольцевым поясом из электрических ракетных двигателей. Они должны были питаться электроэнергией, вырабатываемой окружавшей корабль плоской круглой батареей термоэлементов. Вскоре в ГДЛ построили лабораторный электротермический двигатель. В 1930 г. начались теоретические исследования и конструкторские разработки, завершившиеся созданием жидкостно-ракетных двигателей серии ОРМ (опытный ракетный мотор).



На трибуне профессор Т. М. Мелькумов — известный советский ученый, теоретик в области двигателестроения

ях ученого было сообщено в докладе профессора Ю. А. Победоносцева и И. А. Меркулова. Еще раньше начал вести изыскания по проблемам ракетно-космической техники другой пионер космонавтики — Ф. А. Цандер, о значении его работ сообщили профессор Е. С. Щетинков и кандидат технических наук Ю. С. Воронков*.

Одна из первых советских научно-исследовательских и опытно-конструкторских организаций по ракетной технике — Газодинамическая лаборатория (ГДЛ) была организована весной 1921 г. по предложению инженера-химика Н. И. Тихомирова. С 1921 по 1935 г. коллектив ГДЛ внес значительный вклад в развитие отечественного ракетного двигателестроения**. Среди важнейших работ ГДЛ, которые рассматривались в докладе академика В. П. Глушко, следует от-



Л. Свенсон — американский историк космонавтики

С. П. Королева можно назвать основоположником практической космонавтики — таков основной тезис доклада члена-корреспондента АН СССР Б. В. Раушенбаха и Ю. В. Бирюкова. Докладчики рассмотрели основные стороны деятельности С. П. Коррлева. Его активное участие в проведении космической программы Советского Союза существенно повлияло на темпы развития практической космонавтики во всем мире.

Работа секции «История авиационной, ракетной и космической науки и техники» XIII Международного конгресса по истории наук показала возросший интерес широкого круга исследователей к этой проблематике. Такое положение, несомненно, связано с той ролью, которую эта отрасль науки может и должна играть в анализе современного состояния авиации и космонавтики, а также — и это становится все более очевидным — в разработке реальных перспектив дальнейшего развития науки и техники исследования и освоения атмосферы и космоса.

Ю. С. ВОРОНКОВ
кандидат технических наук

* Ю. С. Воронков. У истоков практической космонавтики. «Земля и Вселенная», № 2, 1971 г.

** В. П. Глушко. Из истории космонавтики. «Земля и Вселенная», № 4, 1971 г.

В. Д. ДАВЫДОВ
кандидат физико-математических наук

«Огни» на Марсе

ФИКЦИЯ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Декабрьским утром 1900 г. жители США узнали потрясающую новость: приняты световые сигналы с Марса! Газеты сообщали, что в ночь с 7 на 8 декабря на поверхности планеты сияли яркие «огни». Суждения на этот счет были самыми разнообразными, ведь склонность некоторых газет к сенсациям хорошо известна. Когда утих первый шум, выяснилось, что речь шла о необычно блестящей полоске, которую на протяжении часа видел в телескоп опытный наблюдатель, профессор А. Дугласс. (Справедливости ради надо сказать, что сам Дугласс принадлежал к сторонникам физической интерпретации «огней».) Дугласс был не единственным и даже не первым человеком, который столкнулся с этим удивительным явлением...

Наиболее раннее наблюдение, 20 мая 1873 г., — белая точка на фоне очень яркой, даже выступающей полярной шапки Марса — обнаружено среди рисунков в опубликованных архивах В. Гершеля. Особенно много наблюдений «огней» приходится на конец XIX, начало XX вв. — время расцвета визуальных телескопических наблюдений. Откроем «Ученые записки Британской астрономической ассоциации». В одном из выпусков конца прошлого века, в статье тогда еще молодого французского астронома Э. Антониади рассказано, что 11 декабря 1896 г. английский астроном Ж. Оффорд заметил на Марсе в области Hellas блестящую точку, которая мерцала, как звезда. По утверждению Оффорда, светящаяся точка располагалась там же, где Дж. Скиапарелли еще в 1881—1882 гг. видел «белые искры».

«Огни» на Марсе наблюдали и на-

ши современники. Американский астроном К. Томбо, открывший планету Плутон, любезно сообщил мне о марсианском «огне», который он видел. и разрешил опубликовать выдержку из своего письма: «11 октября 1941 г. с 6 часов 20 минут до 6 часов 35 минут (дата и момент указаны по Всемирному времени) я видел очень маленькое блестящее белое пятно огня в южной части области Hellas... Оно не изменялось на протяжении тех 15 минут, что я наблюдал его, пока облака не прервали наблюдений... В своих более чем сорокалетних наблюдениях Марса я никогда не видел ничего подобного».

18 февраля 1948 г. Г. А. Тихов отметил в журнале наблюдений, что на вечернем краю диска Марса находится пятно, которое через красный светофильтр выглядит ярче, чем полярная шапка.



В течение нескольких майских вечеров 1873 г. на Марсе прослеживалось маленькое белое пятно. 19 и 22 мая это пятно, проходя через терминатор, «блестело, как полярные льды»

Рисунок Е. Кнобеля



Две очень яркие точки были видны на краю южной полярной шапки

Рисунок У. Кэмпбелла

Вечером 30 сентября 1956 г. В. П. Беденко и А. П. Кутырева заметили почти в центре диска Марса светлую точку, которая временами сверкала голубовато-белым светом такой же яркости, как южная полярная шапка.

Этот список можно бы и продолжить. Приходится признать, что «огни» на Марсе (или «вспышки», как их теперь называют), несмотря на всю их кажущуюся неправдоподобность, — не фикция, а реальность.

Интересно, что во многих случаях блестящий объект связан с марсианскими облаками: либо он появляется в пределах облачного массива, либо, исчезая, оставляет после себя более или менее заметное облако. Было ли это облако там и до «вспышки» — неизвестно.

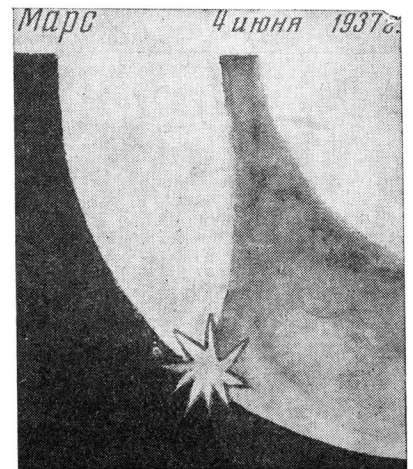
ОТ АЗБУКИ МОРЗЕ ДО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ

Проблема «огней» на Марсе занимала многих ученых Европы и Америки, начиная со второй половины XIX в. Одни из них (например, директор астрономической обсерватории в Ницце Г. Перротэн, сам дважды видевший «огни») воздерживались от интерпретации марсианских «огней»,

другие предлагали различные гипотезы их происхождения. Некоторые гипотезы сегодня выглядят наивными, многие не выдерживают критики, но познакомиться с ними все-таки интересно.

В 1894 г. в русском журнале «Природа и люди» рассказывалось о «блестящих очертаниях в южной части терминатора» на Марсе, которые наблюдал французский астроном М. Жавель. Здесь же как одно из возможных объяснений приводится «лесной пожар» на большом участке поверхности Марса. Но теперь мы знаем, что в марсианской атмосфере практически отсутствует кислород. Следовательно, горение там невозможно.

В русском «Журнале новейших открытий и изобретений» за 1897 г. опубликовано сообщение о работе английского астронома Ф. Гальтона, которому удалось наблюдать на Марсе яркую мерцающую точку. Он принял ее за световую сигнализацию марсиан и пытался найти закономерности в ее мерцании, так сказать, марсианскую «азбуку Морзе». Заметим, что при наземных наблюдениях яркого пятна, имеющего очень малые угловые размеры (менее секунды дуги), мерцание было бы естественно считать присущим не самому источ-

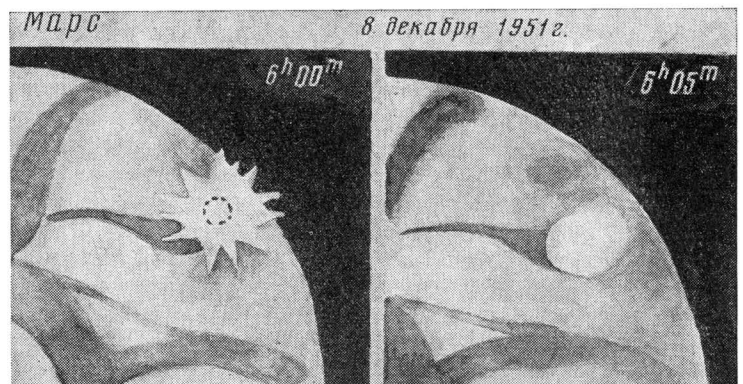


На лимбе Марса 5 минут ярко мерцала точка. Исчезла она так же внезапно, как и появилась

Рисунок С. Маеда

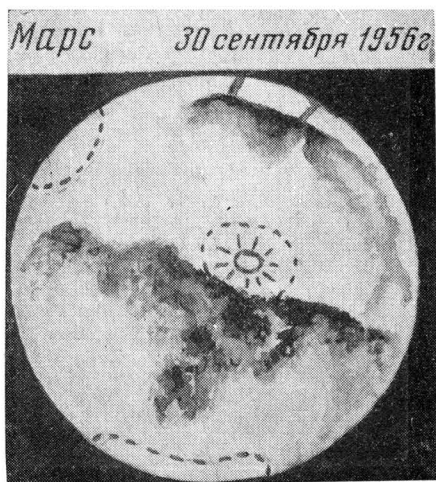
нику света, а его телескопическому изображению. Мерцание звезд, как известно, вызывают изменяющиеся оптические неоднородности в земной атмосфере.

Французские астрономы Ж. и В. Фурнье в 1911 г. видели на Марсе яркую «вспышку», которую они приня-



Блестящая точка в районе Tithonius испускала яркий белый свет. Примерно через 5 минут свечение уменьшилось и точка стала небольшим белым пятном, которое через 30 минут исчезло

Рисунок Т. Сахеки



В облачной полосе на Марсе образовалось блестящее пятно; в его центре мелькала яркая точка

Рисунок В. П. Беденко
и А. П. Кутыревой

ли за извержение вулкана. Вулканическая гипотеза происхождения марсианских «огней» возрождалась многократно. В 1954—1955 гг. она появилась в статьях японского астронома Т. Сахеки. Но, как показал в 1955 г. Д. Мак-Лафлин (США), с Земли нельзя обнаружить излучение раскаленных продуктов извержения при марсианских вулканических катастрофах. Иначе придется допустить, что мощность извержения там в десятки тысяч раз больше, чем на Земле.

Американский астроном У. Кэмпбелл в 90-х годах прошлого столетия писал, что те марсианские «огни», которые возникают в зоне сумерек, на марсианском терминаторе, можно объяснить отражением солнечных лучей от покрытых снегом горных цепей. Даже не принимая во внимание громадные расхождения в оценках высоты «огней» над поверхностью Марса (до 130 км, по Дуглассу) с мыслимой высотой гор (10—20 км), отметим главную трудность: терминаторные «огни» (как и другие) появляются нерегулярно и в некоторых случаях перемещаются на многие сотни километров не только от дня ко

дню, но даже за время непрерывных наблюдений.

Основатель и первый директор планетной астрономической обсерватории в Аризоне П. Лоуэлл, автор нескольких книг о Марсе, полагал, что «огни», которые наблюдаются вблизи терминатора,— это освещенные Солнцем высокие марсианские облака, видимые на фоне неосвещенной части поверхности планеты. Но как объяснить, почему некоторые марсианские «огни» выделяются своим блеском даже на яркой полярной шапке в дневных районах Марса? Ведь любой предмет рассеивает меньше света, чем на него падает,— во всяком случае, не больше.

По мнению П. Лоуэлла, «искры» в полярных шапках представляют собой, возможно, солнечные «зайчики» от ледяных склонов. Предположение Лоуэлла интересно, но количественные оценки не позволяют с ним согласиться. Для появления заметного с Земли солнечного блика нужна плоская зеркально-гладкая ледяная поверхность размером не менее квадратного километра. Причем, если поверхность будет отклоняться от плоскости хотя бы на $1^{\circ}5'$ (примерно такая неровность, как у оконного стекла), ее площадь следует увеличить приблизительно в 100 раз, а площадь более неровной зеркальной поверхности — еще больше. Даже в крупнейших ледниках Земли такие образования не встречаются, поэтому вряд ли они существуют и на Марсе. Впрочем, П. Лоуэлл сам заключил, что пока еще необычайно трудно дать в достаточной мере удовлетворительное объяснение марсианским «огням». Особенно непонятны были наблюдавшиеся во многих случаях возрастание блеска «огня» по мере его приближения к краю диска планеты (лимбу) или уменьшение блеска по мере удаления от него.

ГИПОТЕЗА ГАЛО

Чтобы установить природу удивительных марсианских «огней», надо прежде всего хорошо знать все их свойства. Но яркие «огни» редки, поэтому вклад каждого наблюдателя в

их исследование, как правило, ничтожно мал. В то же время в научной периодике имеются многочисленные разрозненные публикации, которые содержат описания «огней», наблюдавшихся в исключительно хороших атмосферных условиях. Мне удалось найти описания ярких нерегулярных образований на Марсе, выделяющихся по блеску, недолговечности или другим свойствам, в 146 научных публикациях. Этот материал и послужил основой для новых поисков объяснения марсианских «огней».

Долго искал я в литературе, придумывал и придирчиво (но сперва совершенно безуспешно) «пробирал» к комплексу свойств «огней» множество всевозможных гипотез. Среди них была гипотеза направленного отражения солнечных лучей от некоторого воображаемого «зеркальца» на Марсе. Направление падающего и отраженного от «зеркальца» луча нам известно, и можно найти направление перпендикуляра к его плоскости. Таким образом, гипотеза простого однократного отражения солнечных лучей от плоского предмета на Марсе дает возможность определить ориентацию отражателя относительно поверхности планеты. Для первой же «вспышки» обнаружилась интересная особенность: если это было отражение солнечных лучей, то оно произошло от поверхности практически вертикальной (с точностью до 1°) относительно марсианского горизонта! Правда, таким свойством обладают далеко не все «огни», но около тридцати соответствуют гипотезе строго вертикального отражателя*.

Наблюдаются ли на Земле солнечные блики от природных строго вертикальных образований? Да, наблюдаются! Это — одна разновидность солнечных гало на полупрозрачных облаках, а именно паргелическое гало. В земной атмосфере гало возникают вследствие особенностей отражения и преломления солнечных лу-

* Отражение Солнца от вертикального «зеркала» можно увидеть только в двух точках диска планеты, в которых лимб пересекается терминатором.

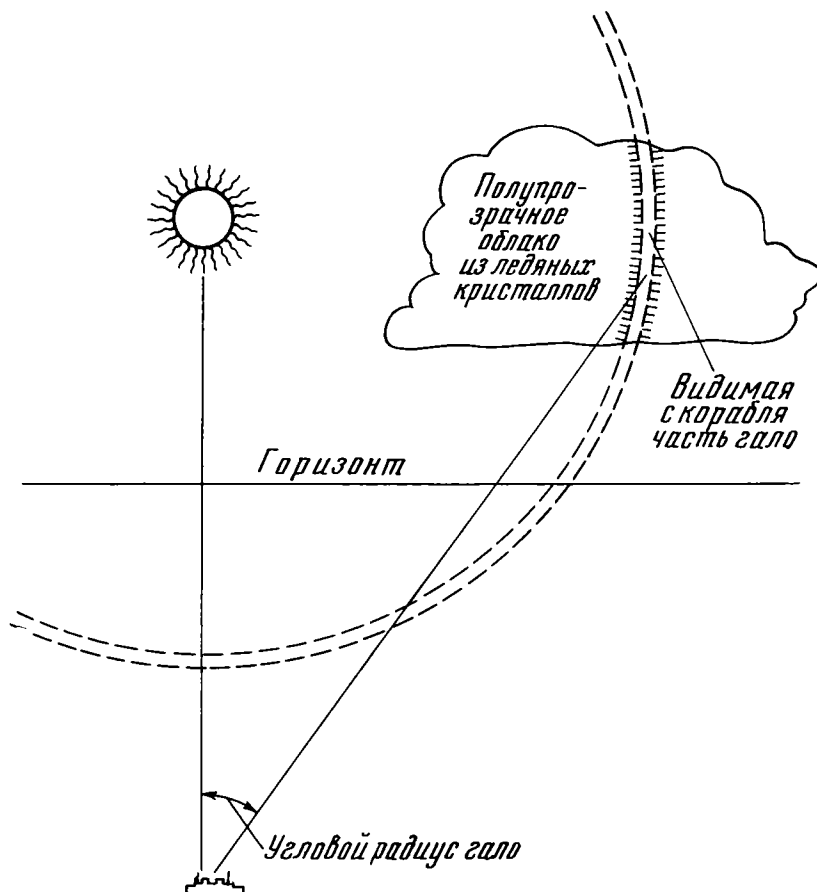
чей в ледяных кристаллах, из которых состоят определенные типы облаков. По разнообразию формы (световые полосы, кольца, дуги, столбы, кресты, ложные солнца и т. д.) и блеску, иногда ими достигаемому, гало принадлежат к наиболее замечательным и интересным явлениям атмосферной оптики*.

Паргелическое гало — это яркая, строго горизонтальная полоса, которая проходит точно через Солнце и замыкается в кольцо. Во многих случаях бывают видны лишь части кольца. Световая полоса гало складывается из множества солнечных бликов на отдельных кристаллах. В паргелическом кольце эти блики обусловлены простым отражением Солнца от вертикальных граней. «Секрет» прост: кристаллы некоторых конфигураций в процессе парашютирования в очень спокойном воздухе дружно поворачиваются одной и той же гранью вниз, при этом боковые грани становятся в вертикальное положение.

Какие-либо иные природные образования с вертикальной отражающей поверхностью неизвестны. Поэтому напрашивается вывод, что те марсианские «огни», которые обладают свойствами вертикального отражателя, представляют собой облака кристаллов, дающих паргелическое гало. А если там имеется одна разновидность гало, то почему бы не быть и другим?

На Марсе по крайней мере некоторые облака состоят из ледяных кристаллов. Но количество ледяных кристаллов там существенно меньше, чем в атмосфере Земли, поскольку среднее содержание водяного пара над дневным полушарием Марса эквивалентно слою воды толщиной всего 10—50 мк. Ледяные облака, конденсировавшиеся из этого пара, должны иметь небольшую оптическую плотность.

Способна ли легкая «ледяная дымка» создавать пятна гало более яркие, чем дневная поверхность Марса



Схематическое изображение одной из разновидностей гало — кольцо вокруг Солнца. Угловые размеры кольца не зависят от расстояния между наблюдателем и облаком. Наблюдатель видит ту часть фигуры гало, которая попадает на фон облака

под солнечными лучами? Расчеты показали, что превращение 10-микронного слоя воды в ледяные кристаллы может обеспечить плотность «ледяной дымки» в сотни раз большую, чем требуется для видимости гало на Марсе.

Но если гало возникают в марсианской атмосфере, то как они выглядят с космических расстояний? Напомним, что солнечное гало сохраняет на небесной сфере расположение своих элементов относительно Солнца при любых перемещениях наблюдателя.

Следовательно, угловые размеры полной картины каждой фигуры гало (например, радиус и ширина светлого кольца) постоянны и не зависят от расстояния между наблюдателем и галообразующими облаками. Наблюдатель видит лишь те элементы фигуры гало, которые находятся на фоне галообразующего облака. Поэтому некоторая часть картины гало (от 0 до 100%) может быть недоступна обозрению из определенной точки пространства.

Очевидно, облако малых угловых

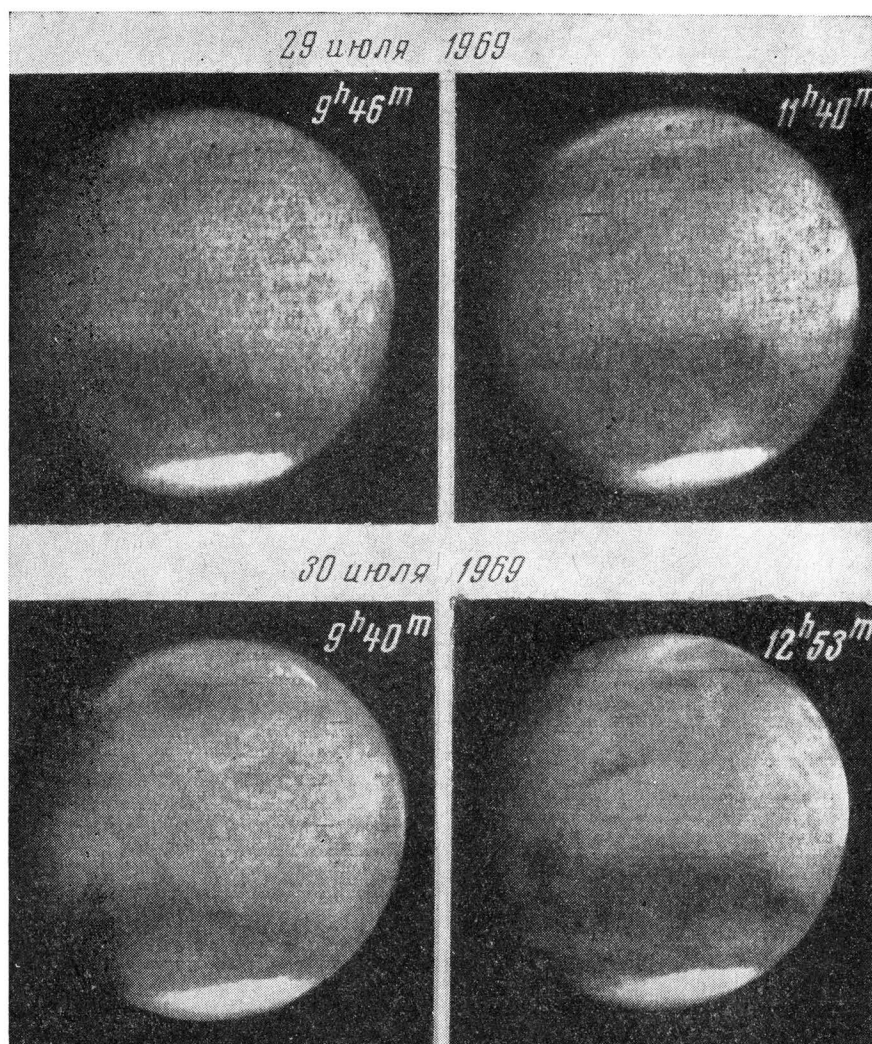
* М. Миннарт. Необычные или незамечаемые оптические явления. «Земля и Вселенная», № 5, 1969 г. (Прим. ред.)

размеров может вырезать из фигуры гало лишь малую часть, которой не присущи очертания, свойственные полным формам явления. В случае марсианских гало дело обстоит именно так, поскольку облака на Марсе при наблюдениях с Земли имеют размеры порядка десятых или сотых долей угловой секунды. Гало на Марсе представляют собой как бы точечные объекты, видимые размеры которых определяются их яркостью и качеством изображения. Пятна гало должны быть белыми или слегка окрашенными, в соответствии с цветом полосы некоторых форм гало.

Из множества земных гало на Марсе могут быть видны далеко не все. К нам обращена только «верхняя» сторона марсианских облаков. Это ограничивает выбор форм гало, которые может увидеть земной наблюдатель. Кроме того, на Марсе можно наблюдать лишь те гало, у которых угловое расстояние элементов от антисолнечной точки на небесной сфере заключено в пределах от 0 до $47^{\circ},5$. Действительно, угол, вершина которого находится в марсианском облаке, а стороны направлены — одна к Солнцу, а другая к земному наблюдателю, равен так называемому углу фазы Марса и изменяется от 0 до $47^{\circ},5$.

Для земного наблюдателя все формы гало на Марсе должны разделяться на два основных типа.

Первый тип гало, насчитывающий несколько форм, возникает на кристаллах, которые приобрели упорядоченную ориентацию относительно направления силы тяжести. Будет видимым или нет с Земли гало первого типа, зависит от расположения галообразующего облака на диске планеты. Суточное вращение Марса может на короткий срок приводить облако в такое положение на диске планеты, которое благоприятно для наблюдений с Земли данной формы гало. За пределами участка видимости солнечный блик исчезает. Гало этого типа должны выглядеть на Марсе как яркие точки или линии (а при размытом изображении — как светлые пятна или полосы), вспыхивающие всего на несколько минут или несколько де-



Марс. Внизу — южная полярная шапка, справа, в тропиках — светлое образование. Вблизи лимба оно заметно ярче. Изменение яркости прослеживалось в течение нескольких оборотов Марса. Снимки получены космическими аппаратами «Маринер-6 и -7» в 1969 г.

сятков минут. Подобные явления наблюдались на Марсе неоднократно.

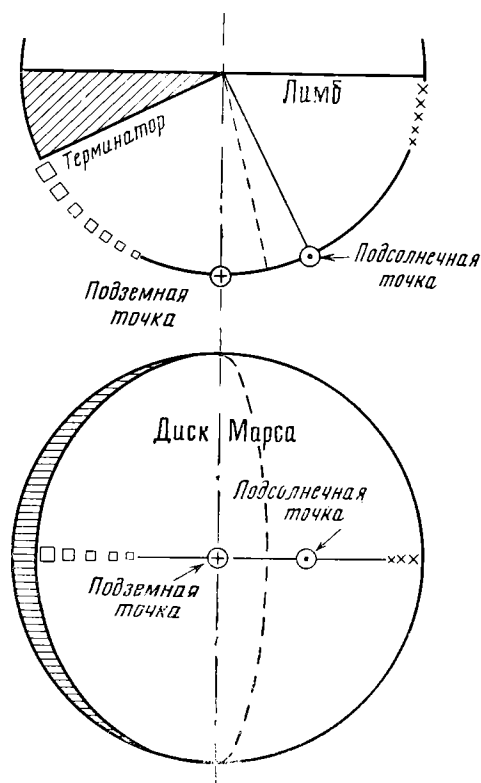
Второй тип гало обусловлен преломлением и отражением солнечных лучей в беспорядочно ориентированных ледяных кристаллах. В земной атмосфере на облаках из таких кристаллов возникают концентрические с Солнцем яркие кольца. Радиусы колец гало второго

типа строго определены: их величина соответствует величине угла наименьшего отклонения лучей и зависит от геометрии галообразующих кристаллов и от коэффициента преломления. Марсианские гало второго типа могут быть видны с Земли в любой части диска Марса, но только при строго определенных углах фазы Марса.

Нельзя оставить без внимания такое свойство некоторых марсианских «огней», как многократное возрастание блеска по мере приближения к лимбу в процессе суточного вращения планеты. Яркие пятна с таким свойством наблюдались на Марсе не только с Земли, они обнаружены на нескольких снимках, полученных космическими аппаратами «Маринер-6 и -7» в июле и августе 1969 г. Некоторые известные на Земле формы гало обладают тем же свойством — вблизи горизонта они становятся особенно яркими. Возможно, это же наблюдается и на Марсе. Возрастание яркости пятна, входящего в зону сумерек, объяснить значительно проще. С приближением участка поверхности Марса к терминатору действует закон понижения освещенности, который не распространяется на яркость гало.

Особенности расположения некоторых «огней» на диске Марса позволили отождествить их с определенными формами гало. Таким способом удалось выявить гало типа световых столбов и горизонтальных кругов. Для их появления необходимы «ориентированные» кристаллы, свободно парящие в атмосфере Марса, но вовсе не обязательно ледяные. Приобретать особую ориентацию в процессе парашютирования могут кристаллы любого химического состава.

Кроме «универсальных» разновидностей гало, по которым нельзя опознать кристаллы, в природе существует множество других, свойственных именно кристаллам льда. Исследование статистической зависимости между появлением «огней» и углом фазы планеты показало, что на Марсе бы-



Расположение некоторых форм гало на диске Марса. Гало типа «светового столба» или «световой дорожки» могут быть заметны только на отрезках, отмеченных квадратиками и крестиками. Гало типа нижнего горизонтального круга должны наблюдаться только в районах, равноудаленных от лимба и терминатора (отмечены пунктиром). Подсолнечная и подземная точки — пункты на поверхности планеты, в одном из которых Солнце, а в другом Земля находятся в зените

вают кольца гало таких же угловых радиусов, как и на Земле*. Это соответствие можно считать признаком присутствия в марсианской атмосфере кристаллов, имеющих такие же, как и на Земле, гексагональные формы и обладающих тем же коэффициентом преломления, т. е. кристаллов льда.

Но ледяные кристаллы, по-видимому, не единственная твердая компонента марсианских облаков. На фазовой кривой есть пять максимумов, которые не имеют аналогии среди известных нам колец. Вопрос о том, могут ли эти максимумы принадлежать, например, кристаллам двуокиси углерода или ее клатратов, требует дополнительных исследований.

Яркость и контраст пятен гало всегда существенно выше, чем для обычных облаков или для инея на поверхности планеты. Каждый, кому случилось видеть солнечное гало в земной атмосфере на полупрозрачном облаке, представляет себе колоссальную разницу между яркостью гало и яркостью соседних участков того же облака. Едва ли что-либо другое, кроме гало, могло выглядеть на Марсе точкой, блескавшей «как полярные льды» или выделявшейся своей яркостью даже на фоне полярной шапки.

Итак, гипотеза о существовании солнечных гало в атмосфере Марса дает одно из возможных объяснений наблюдаемых свойств «огней», или «выпешек».

* В. Д. Давыдов. Гало-феномены в атмосфере Марса на ледяных и неизвестных кристаллах. «Астрономический журнал», т. 47, № 1, 1970 г.

Стихи о Вселенной

Афанасий
Афанасьевич
Фет

* * *

Я жду... Соловьиное эхо
Несется с блестящей реки.
Трава при луне в бриллиантах,
На тмине горят светляки.

Я жду... Темно-синее небо
И в мелких и в крупных звездах,
Я слышу биение сердца
И трепет в руках и в ногах.

Я жду... Вот повеяло с юга;
Тепло мне стоять и идти;
Звезда покатилась на запад...
Прости, золотая, прости!
1842



Соната звезд. Аллегро

М. Чюрлёнис

* * *

На стоге сена ночью южной
Лицом ко тверди я лежал,
И хор светил, живой и дружный,
Кругом раскинувшись, дрожал.
Земля, как смутный сон немая,
Безвестно уносилась прочь,
И я, как первый житель рая,
Один в лицо увидел ночь.
Я ль несея к бездне полуночной.
Иль сонмы звезд ко мне неслись?
Казалось, будто в длани мощной
Над этой бездной я повис.

И с замираньем и смятеньем
Я взором мерил глубину,
В которой с каждым я мгновеньем
Все невозвратнее тону.

1857

* * *

Как нежишь ты, серебряная ночь,
В душе расцвет немой и тайной силы!
О, окрыли — и дай мне превозмочь
Весь этот тлен, бездушный и унылый!
Какая ночь! Алмазная роса
Живым огнем с огнями неба в споре,
Как океан, разверзлись небеса,
И спит земля — и теплится, как море.
Мой дух, о ночь, как падший серафим,
Признал родство с нетленной жизнью звездной
И, окрылен дыханием твоим,
Готов лететь над этой тайной бездной.

1865(?)

* * *

Есть ночи зимней блеск и сила,
Есть непорочная краса,
Когда под снегом опочила
Вся степь, и кровли, и леса.
Сбежали тени ночи летней,
Тревожный ропот их исчез,
Но тем всевластней, тем заметней
Огни безоблачных небес.

Как будто волею всезрящей
На этот миг ты посвящен
Глядеть в лицо природы спящей
И понимать всемирный сон.

1885

СРЕДИ ЗВЕЗД

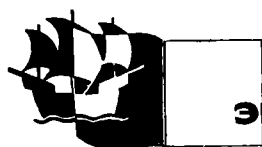
Пусть мчитесь вы, как я, покорны мигу,
Рабы, как я, мне прирожденных числ,
Но лишь взгляну на огненную книгу,
Не численный я в ней читаю смысл.
В венцах, лучах, алмазах, как калифы,
Излишние средь жалких нужд земных,
Незыблемой мечты иероглифы,
Вы говорите: «Вечность — мы, ты — миг.
Нам нет числа. Напрасно мыслью жадной
Ты думы вечной догоняешь тень;
Мы здесь горим, чтоб в сумрак непроглядный
К тебе просился беззакатный день.
Вот почему, когда дышать так трудно,
Тебе отрадно так поднять чело
С лица земли, где все темно и скудно,
К нам, в нашу глубь, где пышно и светло».

22 ноября 1876

УГАСШИМ ЗВЕЗДАМ

Долго ль впивать мне мерцание ваше,
Синего неба пытливые очи?
Долго ли чутя, что выше и краше
Вас ничего нет во храмине ночи?
Может быть, нет вас под теми огнями:
Давняя вас погасила эпоха,—
Так и по смерти лететь к вам стихами,
К призракам звезд, буду призраком вздоха!

8 мая 1890



Зимовка на Кергелене

Искусственные спутники Земли вдохнули новую жизнь в древнюю науку геодезию. Появилась возможность решить одну из важных задач — с недоступной ранее точностью определить элементы фигуры Земли. Для этого на разных континентах устанавливают станции наблюдения искусственных спутников Земли. На одной из таких станций, расположенной в южной части Индийского океана, между Африкой и Антарктидой, в течение года работал автор публикуемого очерка.

Путешествие к далекому Кергелену длилось три недели. Началось оно 19 января 1970 г. рейсом самолета Москва — Париж, а затем Париж — остров Реюньон в Индийском океане. Здесь нас задержали бушевавшие циклоны, и только 9 февраля рано утром после многодневного однообразного плавания французский корабль «Gallieni» бросил якорь на рейде острова Кергелен. Трудно было поверить начертанным на гербе этого острова словам: «всегда зеленый». Даже в разгар лета нас встретил довольно безжизненный гористый ландшафт. Ни деревьев, ни кустарников, да и трава только на склонах, защищенных от безжалостных ветров. Правда, когда-то эти берега были покрыты вечнозеленой кергеленской капустой, которую... съели кролики. Их завезли в прошлом веке, они размножились до невероятных количеств и лишили девиз герба его реального содержания. А ветры «ревущих сороковых» широт сдули даже насекомых, оставив нетронутым покров южнополярной тундры лишь на побережье да в долинах многочисленных рек. Этот ландшафт оживляли современные постройки из дерева и пластика, в которых разместилась французская научная миссия. В зимовку 1970 г. на Кергелене было 87 французов и один русский — автор этих строк.

В архипелаге Кергелена насчитывается около 300 островов общей площадью примерно 7 000 км². Из них 1 000 км² спрятаны под льдом. Наивысшая точка — 1850 м — вершина, еще не покоренная альпинистами. Почти 80% территории занимает остров, который французы называют «Большая Земля». Береговая линия очень изрезана. Здесь я впервые уз-

нал географический термин, переводимый буквально как «почти остров». Это — обширные, до сотен квадратных километров, участки суши, зацепившиеся за «Большую Землю» перешейками, шириной в считанные метры.

Климат Кергелена морской, температура воздуха за последние 20 лет колеблется от — 10° до + 23°. Сильные ветры дуют круглый год, причем зимой количество дней со штормами более половины. Рекордно сильный ветер в 1970 г. превысил шкалу измерительного прибора метеостанции. Он достигал 80 м/сек, или около 300 км/час. Преобладающее направление ветров — западное. С ними связаны и горизонтальные дожди: часто при ясном небе дождь идет из тучи, стелющейся над горами, удаленными от станции на десяток километров. Однако суровые ветры не пугают аборигенов местной фауны. Это, прежде всего, морские слоны — разновидность тюленей. Берега Кергелена буквально устланы ими, на улицах города даже установлен единственный в мире дорожный знак с изображением ревущего морского слона. Остров богат птичьим населением, особенно пингвинами — их здесь до полумиллиона. Интересна судьба завезенных на Кергелен кошек: они одичали и приспособились жить в норах. За отстрел этого зверя даже полагается премия. А чтобы поохотиться за корсиканскими муфлонками, которых удалось здесь акклиматизировать, нужно занять одно из трех первых мест в соревнованиях по стрельбе.

Кергелен — необитаемый остров, здесь никогда не было местного населения. Самый большой срок пребы-

вания людей на Кергелене — 15 месяцев: одна зимовка и две летние кампании. Деятельность французской научной миссии проходит здесь вот уже 20 лет. Этот знаменательный юбилей отмечался 9 марта 1971 г. Практически все научные исследования на Кергелене ведут «волонтеры» — особый род войск Франции, комплектуемый из добровольцев, вы-

завшихся отбывать воинскую повинность в колониях. Почти все они бывшие студенты, призванные на службу после окончания университета. На всякого рода вспомогательных работах заняты жители острова Реюньон.

Главная база научной миссии — поселок Порто-Франсэ. Он расположен на южном берегу залива, глубоко вдающегося в сушу с восточной сто-

роны острова. На островах есть десятка два временных баз, иногда посещаемых экспедициями. Когда прибывает французский корабль (три раза за три летних месяца), то в Порто-Франсэ размещается до 400 человек.

Я хочу познакомить читателей с традиционной научной деятельностью на Кергелене. Основное направление

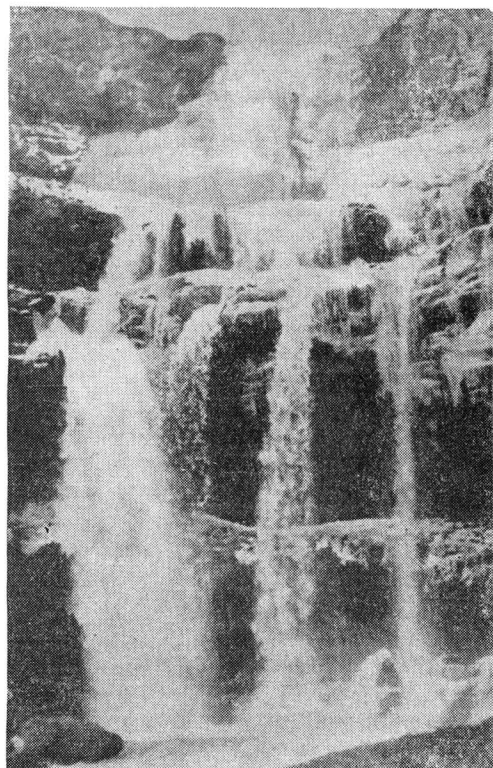


◀ *Водопад на реке Южной, напоминающий декоративный*

Водопад «Гран-Каскад» зимой, сфотографированный с близкого расстояния



Группа ученых у водопада «Гран-Каскад», общая высота которого достигает 70 м. Крайний слева — сотрудник станции наблюдения ИСЗ В. В. Козырев





Обычный ландшафт Кергелена

работ — геофизическое. Здесь ведутся измерения интенсивности космических лучей, радиоактивности атмосферы. Измеряется содержание озона в атмосфере: его количество у поверхности Земли методами химических анализов и определение полного содержания в столбе воздуха — либо над поверхностью Земли, либо на некоторой высоте от поверхности, для чего прибор поднимают вверх с помощью шаров-зондов. Есть сейсмическая станция.

На Кергелене оборудована Лаборатория магнитной корреляции. Она регистрирует изменения в магнитном поле Земли, возникающие под влиянием процессов, происходящих в ионосфере, а также изучает и некоторые другие геофизические явления. По этой теме установлено долгое и плодотворное сотрудничество между Кергеленом и аналогичной советской лабораторией в магнитосопряженной точке — в Сопре (Архангельская область).

Большую работу осуществляет Лаборатория изучения ионосферы. Мощные радиопередатчики посылают отвесно вверх короткие импульсы ра-

диоизлучения, чтобы по виду отраженных сигналов узнать о состоянии ионосферы. Используются и другие методы. В Лаборатории измерений свечения ночного неба и изучения полярных сияний разместились Служба времени нашей станции наблюдений ИСЗ.

На Кергелене проводятся и биологические исследования. Лаборатория морской биологии расположена на самом берегу океана. В ее штате семь человек: два гидролога, два микробиолога, два специалиста, изучающих морские водоросли, и один орнитолог. Он же наблюдает жизнь кергеленских млекопитающих.

В 1970 г. было решено создать здесь совместную советско-французскую станцию для наблюдений за искусственными спутниками Земли. По проекту, разработанному профессором И. Д. Жонголовичем, предполагается проложить геодезический ход, соединяющий станции в Арктике и Антарктике*. Для этой цели бу-

* И. Д. Жонголович. Космическая триангуляция. «Земля и Вселенная», № 3, 1968 г.

ду1 проведены фотографические и лазерные дальномерные наблюдения на цепочке станций, расположенных в Европе, Африке, Антарктиде. Станция на Кергелене — одно из звеньев этой цепочки. В этой работе примут участие научные институты многих стран в Европе и Африке.

Станция на Кергелене снабжена аппаратурой, которая широко применяется в нашей стране*. В специально сделанном и привезенном из Франции павильоне с откатывающейся крышей установлена камера для фотографических наблюдений спутников. Она сконструирована несколько лет назад сотрудниками астрономической обсерватории Латвийского университета М. К. Абеле и К. К. Лапушкой. В зависимости от типа спутника, камера работает в разных режимах.

Фотографические наблюдения спутников требуют ясной погоды, что случается не так уж часто на Кергелене. И все же в течение первого года работы было получено свыше двухсот снимков спутника-баллона «Пагеос» и ряда других спутников.

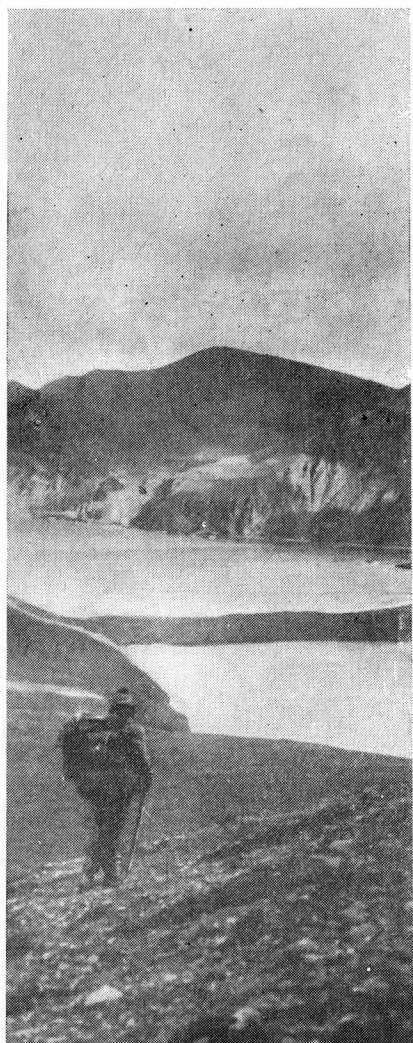
Успеху работы научной миссии на Кергелене во многом способствуют отлично налаженный быт и хозяйственная база. В течение долгой угрюмой зимы на Кергелене отмечаются все национальные, революционные и военные праздники. Но особенно торжественно и бурно встречают здесь главную антарктическую дату «mid winter» — середину полярной ночи. Карнавальное шествие, матчи и конкурсы длятся целую неделю.

В 1971 г. начала работу еще одна совместная советско-французская станция во Французской Гвиане в Южной Америке. Советско-французское научное сотрудничество крепнет и развивается.

В. А. ЮРЕВИЧ
кандидат физико-математических наук

* М. В. Братийчук. Наблюдения искусственных спутников Земли в Ужгороде. «Земля и Вселенная», № 4, 1971 г.

На острове Медном



— Берег!

Все сидящие в шлюпке приготовились к прыжку. Еще несколько мгновений, удар прибоя... и сквозь брызги, поднимая выше рюкзаки со снаряжением, — вперед на остров.

Это — четвертая за день высадка. Мы идем на маленьком сейнере вдоль северного берега Медного и «разбрасываем лабазы» — оставляем в охотничьих избушках запасы еды и снаряжение. Между избушками примерно 15 км. В четвертой, самой восточной, мы остаемся и сами. Два-три дня работы на каждой базе, день на переходы между ними. Еще несколько дней на «нерабочую» погоду. Пройдет почти месяц, и мы, двигаясь от лабаза к лабазу, вернемся в поселок Преображенское, приютившийся в северо-западной части острова. Нас четверо: геолог Татьяна Соловьева, лаборант и фотограф Игорь Вайнштейн, рабочий Игорь Бобровский и автор этой заметки — небольшой отряд Института вулканологии Академии наук СССР. Мы должны изучить структуру и вулканизм острова.

Пока устраивались, сейнер ушел. Мы остались одни. Нам надо исходить эту землю — двести квадратных километров скал, поднимающихся из океана, с 300—400-метровыми обрывами. Густые травы и карликовая ива в долинах, остальное — голый камень. Для нас это даже хорошо. Вдоль берега тянется непрерывная цепь обнажений, прекрасно вскрывающих все особенности залегания слоев, взаимоотношения отдельных пачек. Водоразделы, как готовая геологическая карта: те же выходы слоев в плане. Одно плохо — по берегу далеко не уйдешь. Редко удастся пройти 4-6 километров, не наткнувшись на каменную стену: подножие скал уходит прямо в океан. Вот и приходится каждый раз пересекать остров. Выходишь с базы на берег — перевал, спуск в бухту на прогивоположном океаническом берегу,

километр влево, километр вправо и обратно.

Медный и расположенный к югу и юго-западу от него остров Беринга — крайняя западная оконечность Алеутской островной гряды. Гряда сложена серией мелких блоков, разместившихся вдоль гребня узкого (один километр) подводного хребта, отделяющего Берингово море от Тихого океана. Вдоль внешней его стороны, тихоокеанской, лентой вытянулся глубоководный желоб — узкая впадина глубиной 6—8 км. Так выглядит протянувшаяся между Аляской и Камчаткой Алеутская островная гряда на географических картах. Геологи эту структуру с большим и сложным комплексом явлений объединяют понятием «островная дуга». Цепью таких структур «замыкается» Тихий океан. Возникновение и жизнь их связаны с разломом, рассекающим Землю от поверхности до глубин 250—600 км. Движения по разлому сформировали особый облик переходной области от океана к континенту: здесь расположены узкие впадины океанического дна, достигающие глубины 8 000—10 000 м, а рядом — горы высотой 3 000—4 000 м над уровнем моря; здесь постоянно происходят землетрясения. Пояс вулканов вдоль разлома обрамляет Тихий океан. Это и есть «великое огненное кольцо». Тепло, рожденное активностью недр, вырывается на поверхность горячими источниками.

Командорские острова в подвижном поясе Тихого океана представляют особый интерес. Они образуют северо-западное звено Алеутской островной дуги. Глубина землетрясений здесь меньше по сравнению с восточной ветвью Алеут на 300 км, активные вулканы исчезают. Почему это происходит? Почему от места примыкания структур Командорских островов к Камчатке полностью угасают действующие вулканы, а оча-



Узкий остров, окутанный туманом, поднимается из океана

ги землетрясений поднимаются до 50 км? Как связана структура земной коры на Командорах с глубинным разломом, ограничивающим океан? Какого типа вулканы действовали здесь в геологическом прошлом, когда и почему прекратилась их активность? Такие вопросы стоят сейчас перед геологами, работающими на Командорах.

Известно, что островная дуга в том виде, в котором мы ее видели сегодня, образовалась на месте прогиба земной коры, заполненного мощной толщей осадков. За полтора месяца работы на острове Беринга удалось выяснить общую последовательность развития прогиба. На первой стадии — излияние лав, затем заполнение прогиба осадками, связанными с активностью древних вулканов. Увеличение крупности обломков вверх по

геологическому разрезу говорит о постепенном росте располагающейся рядом суши и увеличении активности вулканизма; чередование осадочных пород свидетельствует о ритмичности извержений и движений земной коры. Развитие прогиба завершилось эпохой тектонических преобразований. Заполнившие прогиб породы были смяты в пологие складки. Эти процессы кончились 15—20 млн. лет назад. В начале четвертичного периода (около миллиона лет назад) последовал новый импульс тектонической активности — образование блоковой структуры современных островов и возобновление вулканизма.

Мы хотим воссоздать геологическую историю Командор, восполнить недостающие звенья, возлагая немалые надежды на изучение острова Медный. Время пребывания на остро-

ве рассчитано в обрез: в конце октября начинаются свирепые штормы и надо успеть до этого срока кончить работу. Опоздание на несколько дней может привести к зимовке на острове. А погода не балует. Ведь на Командорах только 16 теплых дней в году. И приходится работать невзирая на погоду — в дождь и туман.

На Медном перед нами «открываются» новые черты геологической истории Командор. Здесь шаг за шагом вырисовывается вдоль северного берега цепь древних вулканических центров. Вот они, жерла, через которые на поверхность вынесена огромная масса вулканического материала, заполнявшего древний прогиб. Рядом находятся одновременно действующие вулканы, продуцирующие лавы, близкие по составу базальтам современных океанических впадин, и

богатые кремнекислотой породы — дациты. Породы на Медном залегают иначе, чем на острове Беринга. Там они образуют пологие впадины — мульды, здесь же обнажаются антиклинальные структуры, в которых породы наклонены в разные стороны от ядра складки. На мысе Черном внимательно изучаем глубинные породы, похожие на граниты; их внедрение произошло в момент поднятия, прервавшего развитие прогиба примерно 20 млн. лет назад. Над размытой поверхностью древних пород торчат конусы небольших вулканов. Совсем свежие, нетронутые выветриванием. Их лавы заполняют долины рек и морские террасы, спускающиеся к океану. Значит, их возраст менее 12 тыс. лет. А ведь самым молодым породам на острове Беринга более 1 млн. лет. Мы изучаем величину и направление смещения по разломам, измеряем силу тяжести, и нам представляется очевидной связь поверхностной и глубинной структур острова с гигантским глубинным разломом, движение по

которому сформировало современную островную дугу.

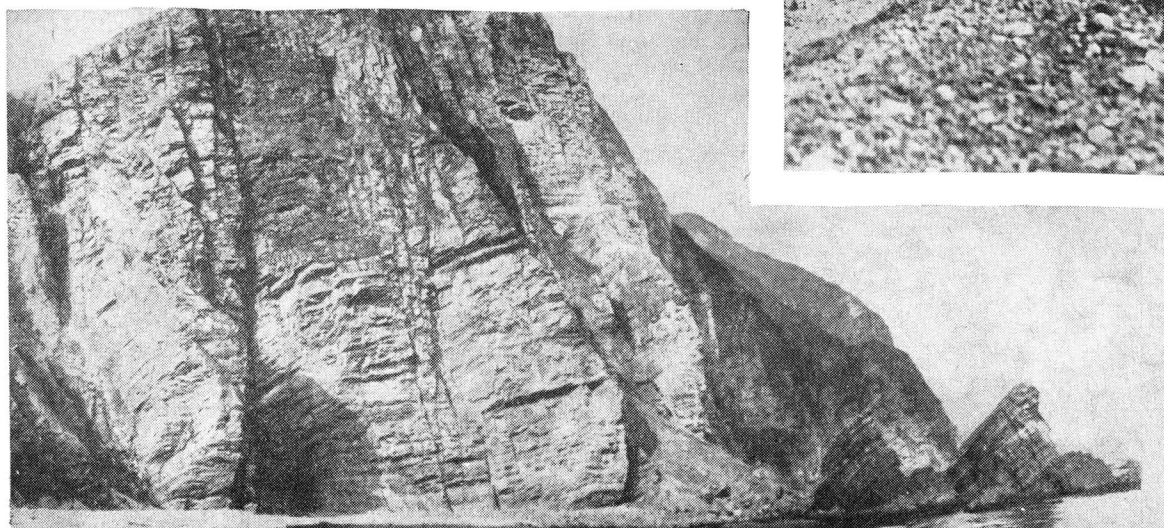
Холодно. При сильном ветре температура редко поднимается выше 6—8°. Нет-нет, да и начинает моросить мелкий дождь. Руки коченеют, а вечером едва успеваем просушить промокшую за день одежду. Но и в ясный день, и в дождь невозможно отвести взгляд от серых, угрюмых скал, то стеной стоящих на пути, то расступающихся, чтобы образовать

бухту — плоскую голубую раковину, обрамленную белой полосой прибоя. И конечно, ... океан. Он всегда неожиданно новый: то ревущий, то ласковый.

Я говорил вначале, что мы остались одни... Да, одни, если не считать постоянных встреч с «коренным населением» — бакланами, глупышами, похожими на попугаев топорками и другими птицами, облепившими суровые скалы береговых обрывов.

Обрывы вдоль берега четко вскрывают все особенности залегания пород

...а на водоразделах видны слои в плане — готовая геологическая карта





«Мостовая» в полосе отлива: ритмичность осадков — ритм движений Земли

Здесь же песцы, любопытные, ничего не боящиеся, едва успевшие отлечь и приобрести приличный вид, а также морское зверье, прославившее эти острова. Чем бы ты ни занимался, как бы трудно тебе ни приходилось, вызывают восторг изящные каланы. Обычно они плавают на спине вдоль берега группами по-двое, по-трое, плывут, оглядываются и передними лапами заталкивают в рот очередную порцию морских ежей. Котики держатся стадами на лежбищах. К котикам присоединились огромные, медведеподобные сивучи. Там, где рифы уходят в море, а между ними и берегом образуется гладь спокойной воды, резвятся нерпы.

Приятно видеть, сколь тщательно оберегается животный мир этого редкого уголка. Постоянно у лежбищ несут службу наблюдатели-биологи.

Учет поголовья, эпидемии, пути миграции котиков — десятки вопросов должны они решить, чтобы дать обоснованную квоту на забой. А их слово в этих делах решающее. Специальные суда патрулируют у побережья, сотрудники «Рыбвода» изучают повадки морского зверя. Каланы у острова Беринга были в свое время уничтожены. «Меднинским» же каланам самим не переплыть широкого пролива, они могут передвигаться только вдоль берега. И вот уже два года живут у острова Беринга каланы-переселенцы, доставленные сюда на кораблях. Ну и конечно же, прибрежные жители — морские ежи и звезды.

Но вот за нами пришел «Амбон» — экспедиционное судно нашего института. Последний обход острова и в 8-балльный шторм — двухсуточный переход к Петропавловску, домой.

Предстоит разборка образцов, анализ материалов. Надо дополнить полевые наблюдения лабораторным исследованием: определить остатки ископаемой фауны, минералогический состав пород, установить по продуктам радиоактивного распада их абсолютный возраст. Работы много, а времени мало. Ведь мы — только передовая группа разведчиков, тех, кто завтра вплотную займется глубинной геологией этого района. Впереди большой комплекс морских геофизических работ, изучение геологии морского дна. И кто знает, возможно, и глубинное бурение. Результаты нашей экспедиции должны помочь правильно определить направление дальнейших поисков.

Э. Н. ЭРЛИХ
кандидат геолого-минералогических наук

Фото И. В. Вайнштейна



С. Б. НОВИКОВ
кандидат физико-математических наук

Любителям

астрономии —

об исследовании

астроклимата

Количество света от звезд, собираемое телескопом, пропорционально площади или квадрату диаметра главного зеркала. На первый взгляд, и эффективность телескопа — способность зарегистрировать предельно слабый объект на небесной сфере — должна быть пропорциональна квадрату диаметра телескопа. Однако это не совсем верно. Теоретическое рассмотрение и опыт астрономических наблюдений показывают, что эффективность крупного телескопа пропорциональна диаметру зеркала и обратно пропорциональна угловому размеру изображения звезды. Если мы найдем способ уменьшить изображение звезды в телескопе, то сможем повысить эффективность телескопа и еще дальше заглянуть в глубины Вселенной.

Качество изображения в большом телескопе сильно зависит от состояния земной атмосферы. Атмосферные оптические искажения — величины непостоянные, и поиски мест, где они минимальны, составляют главную задачу астроклиматических исследований.

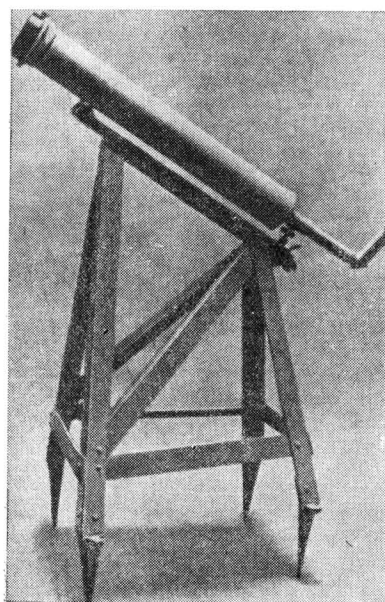
В астроклиматических экспедициях изучены многие районы нашей страны. Были найдены уникальные по качеству изображения пункты в горах Средней Азии. Однако на астроклиматической карте страны еще есть «белые пятна», и любители астрономии могут оказать помощь ученым, получив предварительные данные о качестве изображения в различных районах. Следует заметить, что для самодельных телескопов диаметром 30—50 см уже надо искать место установки. С чего начинаются астроклиматические исследования?

Метеорологические наблюдения. Прежде всего необходимо оценить

метеорологические условия выбранного района. По многолетним данным метеостанций можно подсчитать среднее количество ясных дней в каждом месяце. Умножая количество ясных дней в месяце на среднюю продолжительность астрономической ночи для этого месяца (такие сведения содержатся в астрономических справочниках), получим минимальную продолжительность ночного наблюдательного времени. Просуммировав эти величины по месяцам, узнаем минимальную продолжительность ночного наблюдательного времени в году. «Минимальную» потому, что мы не учли продолжительности полужасных ночей. Сделать это довольно сложно, но для предварительного выбора района астроклиматических исследований достаточно знать лишь минимальную продолжительность наблюдательного времени. Расчет количества ясной погоды, выполненный в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга для некоторых районов Советского Союза, показывает, что больше всего ясных ночей бывает на территории Средней Азии, где минимальная продолжительность наблюдательного времени в году превышает 1100 часов, а вместе с полужасными ночами достигает 2000 часов в год.

Исследование микроклимата приземного слоя. В горном районе с подходящими метеорологическими условиями следует выбрать одну или несколько доступных одиночных вершин, удаленных от крупных промышленных центров*. На верши-

* П. В. Щеглов. Исследование астроклимата и выбор места установки крупных телескопов. «Земля и Вселенная», № 4, 1968 г.



Полярный телескоп с диаметром объектива 10 см. На этом телескопе американский астроном Д. Андерсон оценивал амплитуду дрожания изображения звезды при выборе места для установки 5-метрового телескопа



Так выглядит дифракционное изображение звезды в 10-сантиметровом телескопе. Диаметр центрального максимума 2 секунды дуги

не в первую очередь нужно изучить микроклимат приземного слоя атмосферы. Этот слой особенно сильно влияет на качество изображения в телескопе. В приземном слое велико изменение температуры с высотой — градиент температуры. В этом слое градиент температуры может превышать 10° на 1 м. При удалении от поверхности земли градиент температуры обычно падает, и на высоте нескольких километров он в 1000 раз меньше, чем в приземном слое. От величины градиента температуры и скорости ветра зависит размер, плотность и показатель преломления ячеек, которые образуются в атмосфере при перемешивании слоев с различной температурой. Эти ячейки можно представить как слабые положительные или отрицательные линзы. В зависимости от среднего размера ячеек по сравнению с диаметром телескопа наблюдаются три различных эффекта: мерцание, дрожание и размытие изображений звезд.

Мерцание звезд, хорошо заметное глазом, не является существенной помехой при наблюдениях в большой телескоп, поскольку зеркало такого телескопа усредняет амплитуду мерцания. Поэтому при исследовании астроклимата мерцание звезд можно не принимать во внимание.

Если средний размер атмосферных линз существенно меньше диаметра телескопа, то каждая такая линза частично расфокусирует изображение звезды. Суммарное действие линз приводит к размытию изображения звезды в телескопе. Если же размер атмосферной линзы существенно больше диаметра объектива телескопа, то можно считать, что в каждый данный момент на луче зрения находится только часть линзы, действующая как слабая призма. Грани этой призмы достаточно плоские, чтобы не расфокусировать изображение, но наклон между гранями призмы приводит к смещению изображения. В фокусе телескопа наблюдается неискаженное изображение звезды, которое быстро и хаотически смещается относительно некоторой средней точки. Изображение звезды дрожит.

В случае хорошего качества изоб-

ражения средний размер наиболее эффективных оптических неоднородностей равен 50—90 см. Тогда, наблюдая в 1,5-метровый телескоп, мы увидим размытое и почти неподвижное изображение звезды, а в телескоп диаметром 10 см — совершенное дифракционное изображение, которое дрожит с частотой, обычно не превышающей 10 гц. При этом амплитуда дрожания в 10-сантиметровом телескопе соответствует диаметру размытого изображения в большом телескопе. Следовательно, измеряя амплитуду дрожания в телескопе диаметром 10 см, можно предсказать, каков будет средний размер изображения в большом телескопе, установленном в данном месте.

Достаточно хорошее качественное представление о микроклимате приземного слоя дают измерения суточного колебания температуры воздуха и средней скорости ветра, проводимые несколько раз в ночь. Изменения температуры регистрируются термографом, установленным в метеобудке на высоте 2 м. Скорость ветра удобнее измерять стандартным анемометром Фюсса. Наблюдения следует проводить в различные сезоны года, чтобы полностью охватить годовой цикл.

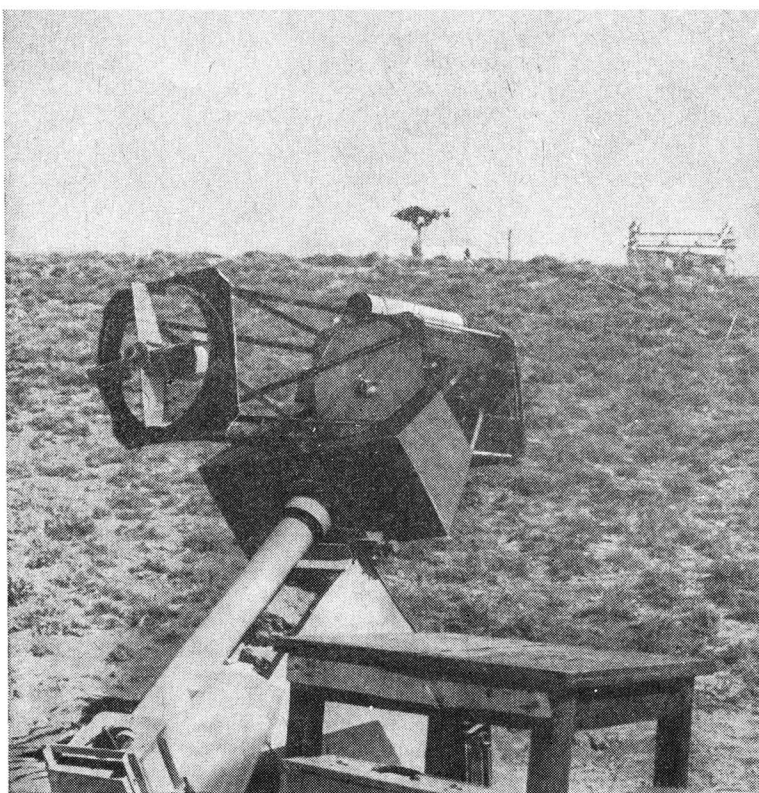
Опыт астроклиматических исследований в Средней Азии показывает, что если средняя скорость ветра не превосходит 2—3 м/сек и суточный перепад температуры (т. е. разность между максимальной дневной и минимальной ночной температурой) не превышает $6-8^\circ\text{C}$, то в таком пункте можно ожидать хорошее качество изображения. Однако для полной уверенности одних метеорологических наблюдений недостаточно. Необходимо прозондировать атмосферу оптическими методами, чтобы убедиться в отсутствии устойчивых возмущающих слоев на больших высотах.

Измерения оптической нестабильности атмосферы. Оптические наблюдения надо проводить с телескопом диаметром 10 см, имеющим высококачественный объектив, который дает дифракцию. Как уже говорилось, амплитуда дрожания изображения в

небольшом телескопе однозначно связана с диаметром изображения в большом телескопе. Измерения амплитуды дрожания изображений звезд требуют очень жесткой монтировки трубы, чтобы ветровые вибрации телескопа не вносили существенных ошибок в наблюдения. Оптимальным астроклиматическим инструментом для измерения дрожания считается визуальный полярный телескоп — рефрактор на жесткой неподвижной монтировке. Механическая ось телескопа направлена на полюс. С помощью юстировочных винтов телескоп может поворачиваться по азимуту и высоте места в пределах $\pm 1^\circ$ для наведения на Полярную звезду.

Чтобы глаз уверенно разрешал дифракционную картину от 10-сантиметрового объектива, нужно подобрать окуляр, обеспечивающий увеличение в 700—800 раз. Окулярная часть должна иметь визирную нить, укрепленную во вращающейся оправе. При наблюдениях визирную нить следует выставлять параллельно суточному движению Полярной. Угловым масштабом при измерении дрожания может служить дифракционный диаметр центрального максимума изображений звезды, равный для 10-сантиметрового объектива двум секундам дуги. В течение одной минуты наблюдатель оценивает в долях диаметра дифракционного максимума среднюю амплитуду дрожания изображения звезды относительно неподвижной визирной нити. Опытный наблюдатель делает это с точностью до десятой доли диаметра ($0''.2$). Наблюдения следует проводить не менее трех раз за ночь (в начале астрономической ночи, в полночь и в конце), одновременно измеряя температуру воздуха и среднюю скорость ветра на высоте двух метров.

Если в распоряжении любителя имеется телескоп диаметром 30—40 см с совершенной оптикой и достаточно хорошей механикой, то измерения дрожания Полярной можно дополнить измерениями разрешения небесных объектов. Критерием качества изображения служит визуальное разрешение тесных двойных звезд, находящихся на расстоянии $2''$ — $0''.5$.



Рефлектор системы Кассегрена, построенный московским любителем астрономии М. И. Тертицким. На этом инструменте проводились астроклиматические исследования на горе Майданак в Средней Азии

Качество изображения можно также оценивать и по видимости отдельных тонких деталей на поверхности Луны и планет. Список тесных пар двойных звезд и подробные карты Луны и планет есть во многих справочниках и атласах.

Такие наблюдения проводились членом Московского отделения ВАГО М. И. Тертицким летом 1971 г. На горе Майданак в Средней Азии он установил самодельный 40-сантиметровый рефлектор системы Кассегрена. На своем телескопе М. И. Тертицкий разрешал тесные звездные пары с расстоянием между компонентами $1''.4$ — $0''.8$. Эти наблюдения свидетельствуют, что любители на самодельных высококачественных телескопах мо-

гут выполнять исследования, представляющие научную ценность.

Для окончательного выбора места установки крупного телескопа необходимо провести серию измерений микропульсаций температуры термодатчиками, установленными на мачте высотой 20—40 м, чтобы определить высоту возмущающего слоя. Эти исследования требуют сложной электронной и оптической аппаратуры, изготовление которой уже не под силу любительским коллективам. Однако, если любители найдут одиночную вершину, где часто бывает ясная погода и хорошее качество изображения, то дальнейшие, более точные исследования будут проведены профессиональными астрономами.

Сельская народная обсерватория

Недавно в селе Сахновка Корсунь-Шевченковского района Черкасской области начала свою интересную жизнь народная обсерватория с планетарием, созданная в честь 100-летнего юбилея со дня рождения Владимира Ильича Ленина. Обсерватория эта необычная: она составляет одно целое с Музеем боевой славы и трудовых традиций села Сахновка.

Обсерватория, планетарий и музей разместились в здании, построенном

возле школы. Проект здания разработан на кафедре архитектуры и градостроительства Одесского инженерно-строительного института. Строительство обсерватории было объявлено народной стройкой. В ней участвовали школьники, учителя, колхозники и жители села. Купол для обсерватории изготовили шефские предприятия района. Огромная заслуга в создании комплекса принадлежит всему коллективу школы и, особенно,



Народная обсерватория, Музей боевой славы и трудовых традиций села Сахновка



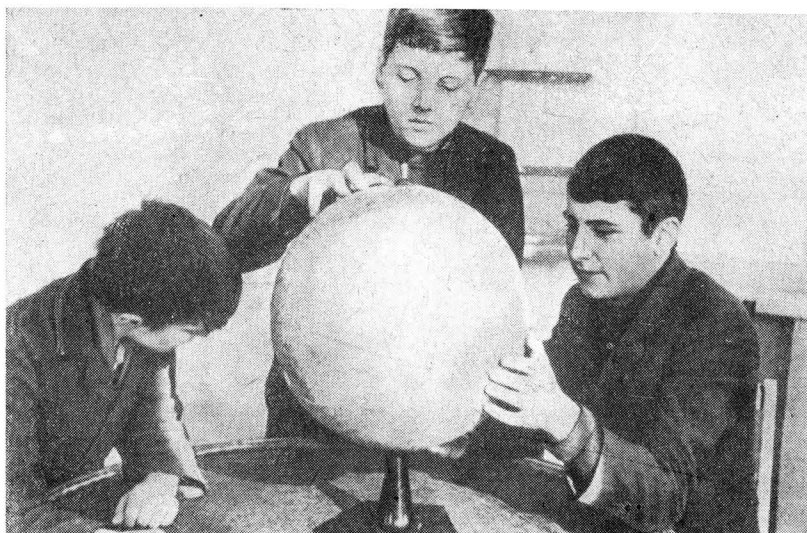
Подготовка самодельного телескопа к ночным наблюдениям

ее директору Александру Антоновичу Захаренко.

На первом этаже здания находятся обширный вестибюль, кинолекционный зал, музей, в котором хранятся документы и экспонаты, заботливо собранные школьниками во время походов по родному краю. На втором этаже — Ленинский мемориальный зал, Станция юных техников, административные комнаты и небольшой звездный зал планетария, рассчитанный на 40 мест. В зале установлен аппарат «Планетарий УП-2» и 10 фильмоскопов, воспроизводящих цветную панораму села при демонстрации звездного неба.

На крыше здания устроена площадка для наблюдений, которая соединена переходом с астрономической башней. Ее вращающийся купол имеет диаметр 4,2 м. В башне установлен 280-миллиметровый самодельный телескоп-рефлектор. Его подарил школьникам астроном-любитель заслуженный учитель РСФСР Т. М. Малика.

Начались занятия в школьном астрономическом кружке. Прежде чем стать членом кружка, ребята участву-



Кружковцы у лунного глобуса

ют в конкурсе, который помогает отобрать самых способных и старательных. Занятия посещают уже 30 школьников. Они ведут и телескопические наблюдения небесных светил.

Обсерватория и планетарий своими своеобразными архитектурными формами придают новый, современный

облик старому селу. Обсерватория становится центром культурно-просветительной работы не только Сахновки, но и близлежащих сел. В Сахновку приезжают многочисленные гости. За короткое время ее посетило 20 000 человек.

И. М. БЕЗЧАСТНОВ

РУКОВОДИТЕЛЯМ КРУЖКОВ ЮНЫХ АСТРОНОМОВ И КОСМОНАВТОВ

С каждым годом все больше астрономических кружков и кружков юных космонавтов организуется при школах, станциях юных техников и Дворцах пионеров. Заинтересовавшись наукой, многие ребята продолжают углублять полученные знания в юношеских секциях отделений ВАГО. Конечно, лишь немногие из бывших кружковцев делают астрономию своей профессией, но стать астрономом-любителем, действительным членом ВАГО можно и не будучи специалистом-астрономом.

Чтобы лучше организовать занятия по астрономии и космонавтике во внешкольных учреждениях, Глав-

ное управление школ Министерства просвещения СССР выпустило два сборника примерных программ. Один сборник (Издательство «Просвещение», 1970 г.) содержит программы для работы со школьниками в клубах юных космонавтов, в другом (Издательство «Просвещение», 1971 г.) опубликованы программы для кружков юных астрономов, астрономов-наблюдателей, а также для кружков астрофизики и телескопостроения.

Программы подготовлены авторским коллективом. Редактор программ — председатель юношеской секции ЦС ВАГО Б. Г. Пшеничнер.

НОВЫЕ КНИГИ



В январе 1972 г., в течение десяти дней при Специальной астрофизической обсерватории АН СССР проходила школа молодых астрофизиков, организованная Советом молодых ученых Московского государственного университета и Специальной астрофизической обсерваторией. Ее участниками были сотрудники САО, астрофизики из Москвы, Ленинграда, Тарту, Киева, Душанбе.

Стремительное развитие астрономии последних лет привело к ряду интересных открытий. Анализ новых результатов, их интерпретация, обсуждение возможных путей развития астрофизики были темой школы. Такой разговор особенно важен в связи с завершением строительства крупнейшего в мире 6-метрового телескопа, который будет установлен в САО. Не суждено ли именно этому телескопу обнаружить звезды в экзотическом состоянии, получившем название «черная дыра»? А может быть, он поможет объяснить свойства квазаров?

Лекции наших известных ученых — академика Я. Б. Зельдовича, члена-корреспондента АН СССР И. С. Шкловского, доктора физико-математических наук И. Д. Новикова, доктора физико-математических наук Л. М. Озерного и других — и бурные, далеко не «школьные» дискуссии иногда вызвали большое разногласие в мнениях и точках зрения. Но это и хорошо. Только при свободном обмене мнениями возможно настоящее творчество.

Школа молодых астрофизиков оставила самые лучшие воспоминания у ее участников и будет хорошим стимулом для дальнейшей работы.

Л. П. ГРИШУК

кандидат физико-математических наук

ПРОГРАММА «EOLE»

Шары-зонды успешно применяют в диапазоне высот, труднодоступных для самолетов и неэффективных для использования ракет. Они вносят минимум загрязнений и возмущений в исследуемую среду, хорошо приспособлены для изучения термодинамических, электрических, акустических и других свойств атмосферы, являются хорошим индикатором воздушных течений, способны совершать продолжительный полет. Несмотря на перечисленные достоинства, наблюдательных данных, получаемых с шаров-зондов, недостаточно, да и каждый запуск обходится недешево. Наиболее удачным и перспективным оказалось сочетание искусственных спутников Земли и находящихся в длительном полете шаров-зондов.

16 августа 1971 г. с острова Уоллс ракетой «Scout» был выведен на орбиту французский искусственный спутник «Eole» (высота 900 км). Он фиксирует 300 шаров-зондов, летающих между 20 и 70° ю. ш. на высоте около 12 км. Кроме того, предполагается, что через спутник «Eole» можно осуществлять связь с кораблями в открытом море и определять их координаты.

19 августа искусственный спутник Земли уверенно определил местоположение трех пробных шаров-зондов, запущенных еще в июне. 21 августа с трех станций, находящихся на территории Аргентины, начался запуск шаров-зондов и к 6 сентября их было в полете 111. Сеансы связи спутника с наземными станциями проводятся примерно 40 раз в сутки. Для юстировки системы шары-зонды — «Eole» — наземные станции спутник опрашивает семь приборных гондол с точно известными координатами.

В настоящее время на базе программы «Eole» разрабатывается усовершенствованная система, которую предполагается ввести в действие к 1975 г.

«Air et Cosmos», 9, 400, 1971.

КНИГА О КЕПЛЕРЕ

«Во всей истории науки трудно найти человека, который подобно Кеплеру, преодолевая все превратности судьбы, с необычайной настойчивостью и трудолюбием шел бы к поставленной цели и после долгих блужданий открыл дотоле неизвестные законы природы» — так словами академика А. А. Михайлова начинается обращение ответственного редактора к читателям книги «Иоганн Кеплер». Автор книги доцент Ю. А. Белый поставил перед собой цель познакомить читателей с «волнующей историей печальной жизни Кеплера» и показать то новое, что дал Кеплер по сравнению со своими предшественниками. Книга выпущена издательством «Наука» в 1971 г.

ФИЗИКА ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ

Редакция космических исследований, астрономии и геофизики издательства «Мир» выпустила в 1971 г. книгу У. Каула «Введение в физику планет земной группы». Ранее (в 1970 г.) на русский язык была переведена книга Каулы «Спутниковая геодезия».

Свою новую книгу автор задумал как вводный курс по физике планет. В книге рассматривается внутреннее строение планет, динамика Солнечной системы, методы наблюдений планет, основные данные о метеоритах, гипотезы о происхождении и эволюции планет. Книга может представить интерес для многих астрономов, геофизиков и геодезистов — специалистов и студентов.

«АНГЛО-РУССКИЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ»

Словарь составлен авторским коллективом (О. А. Мельников, А. А. Немиро и другие) и выпущен в свет издательством «Советская энциклопедия» (1971 г.). Общее научное редактирование словаря выполнено академиком А. А. Михайловым. Словарь содержит около 20 000 терминов. В нем отражена терминология «классической» астрономии и новейших отраслей астрономической науки.

Каким сведениям из учебников по астрономии и географии отдать предпочтение, рассказывая детям о форме Земли? В учебнике по астрономии говорится о геоиде, в учебнике географии о шарообразном теле, а в брошюре О. Байндера «Загадки астрономии» (Издательство «Мир», 1966 г.) — о грушеобразной форме Земли.

Н. И. ОСТРОХИЖЕ

г. Борисов
Минской области

На этот вопрос отвечает профессор, доктор технических наук А. А. ИЗОТОВ

Физическая поверхность Земли, состоящая из материков с их горами, равнинами и впадинами и из морей и океанов, имеет сложный вид, так что ее фигура не поддается простому математическому описанию или представлению. Поэтому в астрономии и геодезии часто пользуются сглаженной или выравненной поверхностью и образованной ею фигурой Земли. Так как почти три четверти физической поверхности Земли состоит из морей и океанов, то за сглаженную поверхность Земли принимают поверхность Мирового океана, взятую при некотором среднем уровне и спокойно продолженную под материками.

Еще в глубокой древности было осознано и доказано, что сглаженная фигура Земли, образованная поверхностью Мирового океана, имеет шарообразную форму или является просто шаром. Однако, открыв и обосновав закон всемирного тяготения, И. Ньютон в конце XVII в. высказал мысль и даже теоретически показал, что сглаженная фигура

Земли из-за вращения около оси должна быть несколько сплюснута или сжата в направлении ее полюсов. Иначе говоря, было теоретически доказано, что радиус Земли у ее полюсов должен быть несколько меньше ее радиуса на экваторе. К середине XVIII в. это было доказано и практически, результатами астрономических наблюдений и геодезических измерений. К этому времени сложилось убеждение, что сглаженная фигура Земли является эллипсоидом вращения, т. е. такой фигурой, которая получается при вращении эллипса около его наименьшего диаметра. В настоящее время известно, что радиус земного эллипсоида у полюса короче его радиуса на экваторе примерно на 21 км.

Впоследствии более обширные и точные астрономо-геодезические данные показали, что сглаженная поверхность Земли (поверхность Мирового океана, продолженная под материками) не совпадает с поверхностью земного эллипсоида и отклоняется от него в ту и другую сторону. В связи с этим в середине прошлого столетия русский военный астроном-геодезист Ф. Ф. Шуберт попытался представить фигуру Земли в виде эллипсоида с тремя неравными диаметрами. После Шуберта и до настоящего времени сделано много разных определений параметров фигуры Земли. Эти определения показывают, что сглаженная фигура Земли сплюснута не только в направлении ее полюсов, но и по экватору приблизительно в направлении Индийский океан — Тихий океан. При этом выясняется, что наибольший и наименьший радиусы экватора различаются примерно на 200 м.

Представление фигуры Земли в виде эллипсоида с тремя неравными диаметрами, т. е. в виде трехосного эллипсоида, не устранило несовпадений спокойной поверхности Мирового

океана с поверхностью трехосного эллипсоида. Это показало, что поверхность Мирового океана, мысленно продолженная и под материками, имеет довольно сложный вид и не может быть представлена поверхностью никакой правильной геометрической фигуры. Поэтому для обозначения сглаженной фигуры Земли немецким физиком Листингом в 1872 г. было предложено особое название — геоид (от греческих слов «ге» — Земля и «идос» — вид).

Фигуру и размеры геоида определяют по результатам астрономо-геодезических измерений, определений ускорения силы тяжести и наблюдений за движением искусственных спутников Земли. Результаты такого рода исследований как раз и позволяют определять отступления геоида от той или иной математической фигуры. Наблюдения за движением спутников показывают, что геоид как будто имеет некоторую грушевидность. Так, по имеющимся данным, Северный полюс геоида находится дальше от центра Земли, чем его Южный полюс, примерно на 15—20 м. Но эти величины по сравнению с размерами Земли настолько малы, что говорить о действительной «грушевидности» Земли, по-видимому, нет твердых оснований.

К сожалению, иногда в учебной и другой литературе встречаются не объясненные или не вполне точные утверждения, которые могут вводить в заблуждение. Но ничего странного или неправильного нет в утверждении, что Земля шарообразна или является шаром. В первом приближении это верно. Мы часто говорим «земной шар» в несколько отвлеченной форме. Во втором приближении сглаженная фигура Земли представляет эллипсоид вращения, т. е. геометрическую фигуру с двумя неравными радиусами или диаметрами. В третьем приближении фигура Земли является трехосным эллипсоидом, т. е. фигурой с тремя неравными диаметрами. Но более точно сглаженная фигура Земли называется геоидом, который не может быть представлен никакой правильной геометрической фигурой.

Более подробные сведения по изложенным вопросам можно получить в брошюрах: А. А. Гурштейн «Человек измеряет Землю», («Госгеолтехиздат», 1963), Д. Л. Арманд «Как измерили Землю» («Детиздат», 1941), а также в опубликованных в разных томах «Большой советской энциклопедии» статьи: Геодезия, Геоид, Градусные измерения, Гравиметрия, Земной эллипсоид, Земной сфероид.



ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

Дорогая редакция!

В Киевском Дворце пионеров и школьников с августа по сентябрь 1971 г. проводились фотографические и визуальные наблюдения планеты Марс. Использовался телескоп АВР-2 ($F = 3000$ мм; $D = 200$ мм) и

окуляры С-10 и С-20 (увеличение $300\times$ и $150\times$ соответственно). В ночь с 26 на 27 сентября были сделаны зарисовки Марса в белом свете, красных (фильтр КС-11), зеленых (ЗС-1) и синих (СЗ-12) лучах.

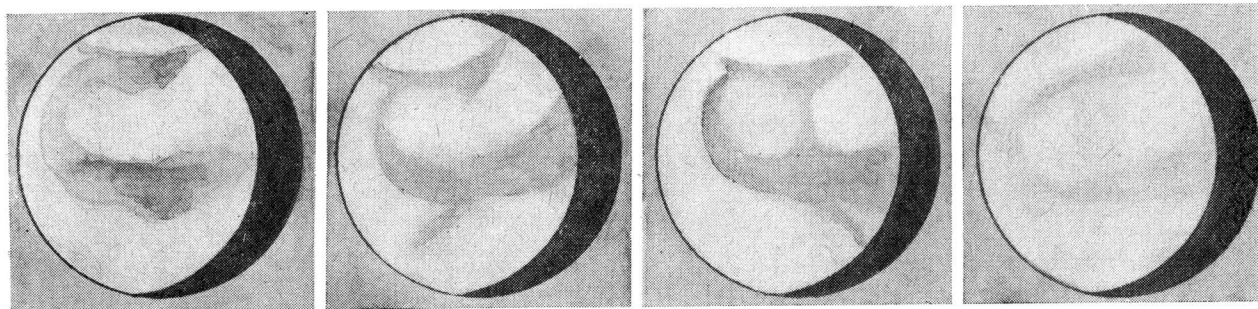
Изображение планеты было устойчивым. В синих лучах вместо ожидае-

мого исчезновения деталей на диске планеты наблюдалось лишь падение их контрастности. Кроме того, в синих лучах просматривались дополнительные детали на диске Марса. Некоторые намеки на эти детали можно обнаружить на рисунках, выполненных с зеленым светофильтром. Южная полярная шапка наблюдалась одинаково хорошо как при использовании светофильтров, так и без них.

Марс 26 сентября 1971 г. Рисунки планеты сделаны (слева направо) в белом свете, красных, зеленых и синих лучах любителями астрономии из Киевского Дворца пионеров и школьников

С. ПАВЛОВ
А. ВИННИЦКИЙ

Киев



Орган Секции физико-технических и математических наук,
Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Научно-популярный журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН
Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН
Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географических наук А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗOTOV, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, доктор геол.-мин. наук Ю. М. ШЕЙНМАНН

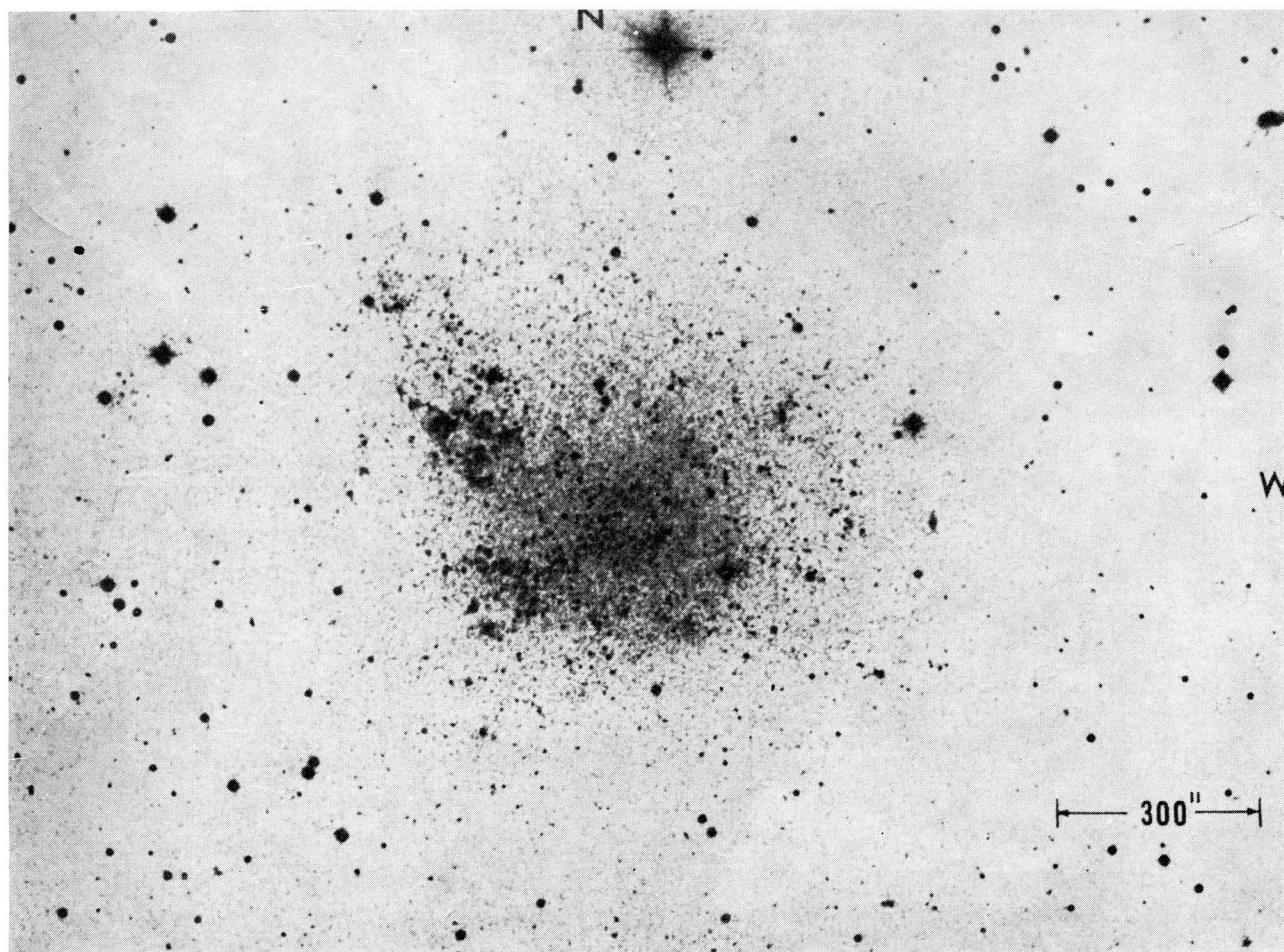
При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна.

Адрес редакции: 117333,
Москва, В-333,
Ленинский пр., д. 61/1,
тел. 135-64-81
135-63-08

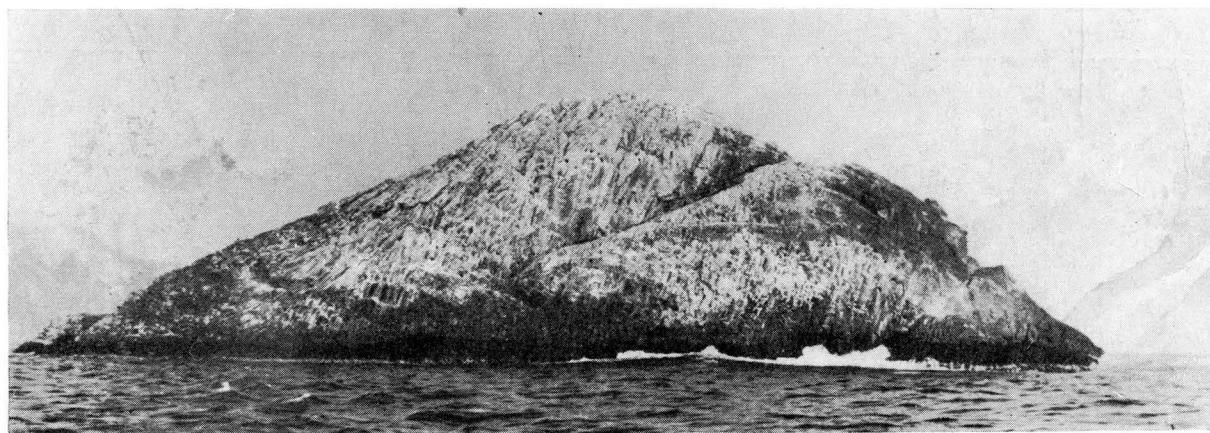
Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры: Н. Е. Затеева,
Г. Н. Нелидова

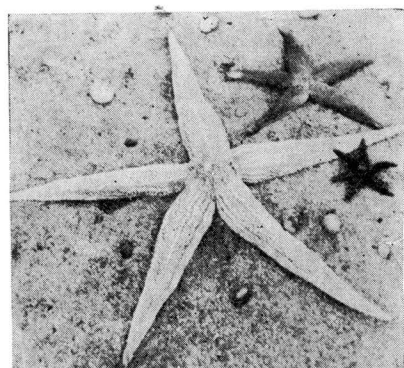
Т-06390
Подписано в печать 17/IV 1972 г.
Сдано в набор 29/II 1972 г.
Формат бум. $84 \times 108 \frac{1}{16}$
Печ. л. 5,0 (8,4) Бум. л. 2,5
Уч.-изд. л. 10,1. Тираж 37 000
Цена 40 коп. Заказ 219



Член Местной системы галактик — неправильная карликовая галактика IC 1613. Она богата голубыми звездами-сверхгигантами, цефеидами, туманностями, в которых продолжается образование звезд. Наряду с этими молодыми объектами в галактике есть и старые звезды населения II. [К статье Ю. Н. Ефремова]



Среди Командорских островов возвышается одинокий древний вулканический центр — базальтовый купол Медного



А это прибрежные жители — морские звезды

(К статье Э. Н. Эрлиха)

«Черненькие» — так называют на Командорах малышей котиков

